

**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO EN EL SECTOR TRANSPORTE AL 2012**

**TESIS DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERA QUÍMICA**

**AUTORA: VERÓNICA MARITZA GUAYANLEMA CÓRDOVA**

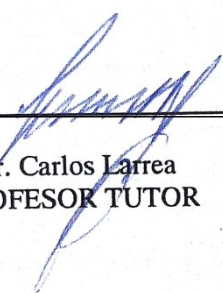
**TUTOR: Dr. CARLOS ALBERTO LARREA MALDONADO**

**QUITO  
2013**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

Certifico que la Tesis de grado titulado **INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN EL SECTOR TRANSPORTE AL 2012**, es original y ha sido desarrollado por la señorita Verónica Maritza Guayanlema Córdova, bajo mi dirección y conforme a todas las observaciones realizadas.

En la ciudad de Quito, a los 26 días del mes de junio de 2013



---

**Dr. Carlos Larrea**  
**PROFESOR TUTOR**

## AUTORIZACIÓN DE LA AUTORÍA INTELECTUAL

Yo, VERÓNICA MARITZA GUAYANLEMA CÓRDOVA, en calidad de autora de la tesis de grado realizada sobre **INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN EL SECTOR TRANSPORTE AL 2012**, por la presente, autorizo a la UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o de parte de los que contiene esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autora me corresponden, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8, 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Quito, 26 de junio de 2013



---

Verónica Guayanlema C.

C.C. 1717155400

vguayanlema@gmail.com

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar agradezco a Dios por ser la luz que guía mi camino, y darme las fuerzas para salir adelante.

A mis padres Maritza y Galo, a mi hermano Xavier, por ser el apoyo en los momentos que más necesite, gracias porque siempre están a mi lado, todos los retos se vuelven sencillos cuando cuento con su amor. Gracias a toda mi familia porque en los momentos más difíciles juntos hemos superado muchos obstáculos.

A mis amigos y a mi mejor amiga Ely que me entendieron en cada momento y siempre me brindaron una sonrisa de aliento.

Un agradecimiento especial a Ing. Ricardo Narváez Msc. quien confió en mí para poder ser parte de un gran equipo de trabajo como es el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Recursos Renovables. Gracias a todo el equipo de expertos técnicos por su ayuda y conocimientos compartidos.

Especialmente Ing. Ana María Núñez Msc. Investigadora Asociada del INER, por ser la mentora de este tema, agradezco su inmenso apoyo, tiempo, gestión y asesoría en todo momento.

Al Ing. Marcelo Neira Director Ejecutivo del INER y PhD. Paulo Peña Coordinador General Técnico INER, por la gestión con las instituciones públicas para la recopilación de información. Y a todas las Instituciones que colaboraron ARCH, INEC, PETROECUADOR, BANCO CENTRAL DEL ECUADOR, OLADE, ANT y más.

Al Dr. Carlos Larrea por su tiempo y cooperación como tutor y a todos los profesores de la Facultad de Ingeniería Química por todos los conocimientos impartidos.

Dedico este trabajo a mis  
padres y a mi hermano.

A las estrellas que brillan y  
guían mi camino mi Ñaña Lucy  
y mi mamita Bélgica que a  
pesar que no estén junto a mí  
las llevo en corazón en todo  
momento porque nunca me  
dejan sola.

## CONTENIDO

	Pág.
CONTENIDO.....	vi
LISTA DE CUADROS.....	xi
LISTA DE FIGURAS .....	xii
LISTA DE GRAFICO.....	xiii
LISTA DE ANEXOS.....	xvi
GLOSARIO.....	xvii
RESUMEN.....	xxi
ABSTRACT.....	xxii
INTRODUCCIÓN.....	1
 <b>1. MARCO TEÓRICO.....</b>	 <b>4</b>
1.1. Cambio climático.....	4
1.1.1. <i>Factores que determinan el clima</i> .....	4
1.1.2. <i>Efecto Invernadero y GEI</i> .....	5
1.1.3. <i>Gases de Efecto Invernadero</i> .....	6
1.2. Convenios intergubernamentales .....	7
1.2.1. <i>Protocolo de Kioto</i> .....	8
1.2.2. <i>Acuerdo Internos en el Ecuador</i> .....	8
1.2.3. <i>Metodología del IPCC</i> .....	8
1.3. Inventario de gases de efecto invernadero.....	9
1.3.1. <i>Sector Transporte y su Infraestructura</i> .....	9
1.3.2. <i>Características del transporte en el país</i> .....	9
1.3.3. <i>Tipos de Transporte</i> .....	11
 <b>2. MARCO METODOLÓGICO.....</b>	 <b>13</b>
2.1. Metodología IPCC.....	13
2.1.1. <i>Área de Análisis y Año Base</i> .....	13
2.1.2. <i>Elección del Método</i> .....	14
2.1.3. <i>Procedimiento de la Metodología</i> .....	16
2.1.4. <i>Elección de Datos</i> .....	18

2.2. Factores de emisión.....	20
2.2.1. Factores de emisión de CO <sub>2</sub> .....	20
2.2.2. Factores de emisión para gases diferentes de CO <sub>2</sub> .....	20
2.3. Cálculos de emisiones de GEI.....	23
2.3.1. Cálculo de CO <sub>2</sub> .....	24
2.3.1.1. Cálculo de consumo aparente.....	24
2.3.1.2. Cálculo de contenido de carbono.....	25
2.3.1.3. Cálculo de carbono excluido.....	26
2.3.1.4. Cálculo del carbón sin oxidar.....	26
2.3.1.5. Cálculo de emisiones de CO <sub>2</sub> .....	26
2.3.2. Cálculo de emisiones de otros gases distintos de CO <sub>2</sub> .....	27
2.3.2.1. Estimación de consumo anual de combustibles.....	27
2.3.2.2. Estimación de emisiones por cada tipo de gas en cada sector.....	27
2.3.2.3. Cálculo de SO <sub>2</sub> .....	27
<b>3. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>29</b>
3.1. Emisiones de CO <sub>2</sub> en el sector energía.....	29
3.2. Inventario de GEI sector transporte. Año 2007.....	32
3.2.1. Resumen de Resultados.....	32
3.2.2. Emisiones por Tipo de Gas.....	32
3.2.3. Emisiones de CO <sub>2</sub> .....	34
3.2.4. Emisiones de CH <sub>4</sub> .....	34
3.2.5. Emisiones de N <sub>2</sub> O.....	35
3.2.6. Emisiones de NO <sub>x</sub> .....	35
3.2.7. Emisiones de CO.....	36
3.2.8. Emisiones de NMVOC.....	36
3.2.9. Emisiones Internacionales por tipo de gas.....	37
3.3. Inventario de GEI sector transporte. Año 2008.....	37
3.3.1. Resumen de Resultados.....	37
3.3.2. Emisiones por tipo de gas.....	37
3.3.3. Emisiones de CO <sub>2</sub> .....	38
3.3.4. Emisiones de CH <sub>4</sub> .....	39
3.3.5. Emisiones de N <sub>2</sub> O.....	39
3.3.6. Emisiones de NO <sub>x</sub> .....	40
3.3.7. Emisiones de CO.....	41
3.3.8. Emisiones de NMVOC.....	41
3.3.9. Emisiones Internacionales por tipo de gas.....	41

3.4. Inventario de GEI sector transporte. Año 2009.....	42
3.4.1. <i>Resumen de Resultados</i> .....	42
3.4.2. <i>Emisiones por tipo de gas</i> .....	42
3.4.3. <i>Emisiones de CO<sub>2</sub></i> .....	44
3.4.4. <i>Emisiones de CH<sub>4</sub></i> .....	44
3.4.5. <i>Emisiones de N<sub>2</sub>O</i> .....	45
3.4.6. <i>Emisiones de NOx</i> .....	45
3.4.7. <i>Emisiones de CO</i> .....	45
3.4.8. <i>Emisiones de NMVOC</i> .....	46
3.4.9. <i>Emisiones Internacionales por tipo de gas</i> .....	46
3.5. Inventario de GEI sector transporte. Año 2010.....	47
3.5.1. <i>Resumen de Resultado</i> .....	47
3.5.2. <i>Emisiones por tipo de gas</i> .....	47
3.5.3. <i>Emisiones de CO<sub>2</sub></i> .....	49
3.5.4. <i>Emisiones de CH<sub>4</sub></i> .....	49
3.5.5. <i>Emisiones de N<sub>2</sub>O</i> .....	50
3.5.6. <i>Emisiones de NOx</i> .....	50
3.5.7. <i>Emisiones de CO</i> .....	51
3.5.8. <i>Emisiones de NMVOC</i> .....	51
3.5.9. <i>Emisiones Internacionales por tipo de gas</i> .....	52
3.6. Inventario de GEI sector transporte. Año 2011.....	52
3.6.1. <i>Resumen de Resultado</i> .....	52
3.6.2. <i>Emisiones por tipo de gas</i> .....	52
3.6.3. <i>Emisiones de CO<sub>2</sub></i> .....	54
3.6.4. <i>Emisiones de CH<sub>4</sub></i> .....	54
3.6.5. <i>Emisiones de N<sub>2</sub>O</i> .....	55
3.6.6. <i>Emisiones de NOx</i> .....	55
3.6.7. <i>Emisiones de CO</i> .....	56
3.6.8. <i>Emisiones de NMVOC</i> .....	56
3.6.9. <i>Emisiones Internacionales por tipo de gas</i> .....	57
3.7. Inventario de GEI sector transporte. Año 2012.....	57
3.7.1. <i>Resumen de Resultado</i> .....	57
3.7.2. <i>Emisiones por tipo de gas</i> .....	57
3.7.3. <i>Emisiones de CO<sub>2</sub></i> .....	58
3.7.4. <i>Emisiones de CH<sub>4</sub></i> .....	59
3.7.5. <i>Emisiones de N<sub>2</sub>O</i> .....	60
3.7.6. <i>Emisiones de NOx</i> .....	60



3.7.7. <i>Emissiones de CO</i> .....	61
3.7.8. <i>Emissiones de NMVOC</i> .....	61
3.7.9. <i>Emissiones Internacionales por tipo de gas</i> .....	61
3.8. Resumen de evolución de emisiones de GEI en el sector transporte.....	62
 <b>4. ESCENARIOS DE MITIGACIÓN</b> .....	69
4.1. Escenarios de Precios .....	69
4.1.1. <i>Escenario Business as Usual</i> .....	72
4.1.2. <i>Escenario de Eliminación de Subsidios</i> .....	75
4.2. Escenarios Tecnológicos .....	80
4.2.1. <i>Escenario Business as Usual</i> .....	80
4.2.2. <i>Reduciendo la intensidad energética</i> .....	81
4.2.3. <i>Fuentes Alternas de energía</i> .....	83
4.3. Escenarios de Políticas .....	85
4.3.1. <i>Chatarrización</i> .....	85
4.3.2. <i>Implementación del Ferrocarril</i> .....	87
4.4. Escenarios con estudios enfocados en Quito .....	89
4.4.1. <i>Transporte Público</i> .....	89
4.4.2. <i>Mejor infraestructura</i> .....	90
 <b>5. DISCUSIÓN</b> .....	93
 <b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	94
6.1. Conclusiones .....	94
6.2. Recomendaciones.....	97
 <b>CITAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	99
 <b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	102
 <b>ANEXOS</b> .....	104

## LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Forzamiento radioactivo por unidad de masa y Tiempo de vida referido al CO <sub>2</sub> .....	7
Cuadro 2. Pasajeros transportados por ferrocarril.....	12
Cuadro 3. Valor Calórico Neto para Combustibles.....	16
Cuadro 4. Factor de emisión de contenido de Carbón .....	17
Cuadro 5. Fracción de carbón Oxidado.....	18
Cuadro 6. Datos de Producción de Crudo y Derivados.....	19
Cuadro 7. Datos de Importaciones de Crudo y Derivados .....	19
Cuadro 8. Exportaciones de Crudo y Derivados .....	19
Cuadro 9. Factores de emisión por defecto CH <sub>4</sub> , kg/TJ .....	21
Cuadro 10. Factores de emisión por defecto NO <sub>2</sub> , kg/TJ .....	21
Cuadro 11. Factores de emisión por defecto NO <sub>x</sub> , kg/TJ .....	22
Cuadro 12. Factores de emisión por defecto CO, kg/TJ .....	22
Cuadro 13. Factores de emisión por defecto, NMVOC kg/TJ .....	23
Cuadro 14. Evolución de Emisiones de CO <sub>2</sub> , en el Sector Energía.....	30
Cuadro 15. Potencia Efectiva Nacional, MW .....	32
Cuadro 16. Resumen de emisiones 2007 .....	33
Cuadro 17. Resumen de emisiones 2008 .....	38
Cuadro 18. Resumen de resultados 2009 .....	43
Cuadro 19. Resumen de resultados 2010 .....	48
Cuadro 20. Resumen de Resultados 2011 .....	53
Cuadro 21. Resumen de Resultados .....	58
Cuadro 22. Vehículos Chatarrizados por modalidad.....	65
Cuadro 23. Emisiones de GEI en el sector transporte, Gg de Gas .....	67
Cuadro 24. Emisiones consumo-vehículos .....	68
Cuadro 25. Incremento porcentual de los subsidios con política gradual .....	70
Cuadro 26. Incremento de precios.....	71
Cuadro 27. Datos Macroeconómicos del Ecuador .....	72
Cuadro 28. Población del Ecuador .....	73
Cuadro 29. Elasticidad Precio Demanda-Chile.....	76
Cuadro 30. Demanda de combustibles.....	77

Cuadro 31. Emisiones del Escenario Business as Usual.....	81
Cuadro 32. Rendimiento de combustibles en Híbrido .....	82
Cuadro 33. Galones de combustibles ahorrados (2008-2012).....	86
Cuadro 34. Demanda de pasajeros en el transporte público en Quito.....	89
Cuadro 35. Tasa de Crecimiento de los escenarios BaU.....	92
Cuadro 36. Resumen de Resultados.....	92

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Modelo idealizado del efecto invernadero .....	6
Figura 2. Consumo de energía primaria por tipo de combustibles.....	10
Figura 3. Árbol de decisiones para seleccionar el método de estimación.....	15

## LISTA DE GRÁFICOS

	<b>Pág.</b>
Gráfico 1. Emisiones de CO <sub>2</sub> , Gg CO <sub>2</sub> eq .....	29
Gráfico 2. Emisiones por tipo de gas 2007 .....	33
Gráfico 3. Emisiones de CO <sub>2</sub> en el transporte 2007 .....	34
Gráfico 4. Emisiones de CH <sub>4</sub> en el transporte 2007 .....	34
Gráfico 5. Emisiones de N <sub>2</sub> O en el transporte 2007 .....	35
Gráfico 6. Emisiones de NO <sub>x</sub> en el transporte 2007 .....	35
Gráfico 7. Emisiones de CO en el transporte 2007 .....	36
Gráfico 8. Emisiones de NMVOC en el transporte 2007 .....	36
Gráfico 9. Emisiones internacionales 2007 .....	37
Gráfico 10. Emisiones por tipo de gas 2008 .....	38
Gráfico 11. Emisiones de CO <sub>2</sub> 2008 .....	39
Gráfico 12. Emisiones de CH <sub>4</sub> en el transporte 2008 .....	39
Gráfico 13. Emisiones de N <sub>2</sub> O en el transporte 2008 .....	40
Gráfico 14. Emisiones de NO <sub>x</sub> en el transporte 2008 .....	40
Gráfico 15. Emisiones de CO en el transporte 2008 .....	41
Gráfico 16. Emisiones de NMVOC en el transporte 2008 .....	41
Gráfico 17. Emisiones internacionales 2008 .....	42
Gráfico 18. Emisiones por tipo de gas 2009 .....	43
Gráfico 19. Emisiones de CO <sub>2</sub> en el transporte 2009 .....	44
Gráfico 20. Emisiones de CH <sub>4</sub> en el transporte 2009 .....	44
Gráfico 21. Emisiones de N <sub>2</sub> O en el transporte 2009 .....	45
Gráfico 22. Emisiones de NO <sub>x</sub> .....	45
Gráfico 23. Emisiones de CO en el transporte 2009 .....	46
Gráfico 24. Emisiones de NMVOC en el transporte 2009 .....	46
Gráfico 25. Emisiones de NMVOC en el transporte 2009 .....	47
Gráfico 26. Emisiones por tipo de gas 2010 .....	48
Gráfico 27. Emisiones de CO <sub>2</sub> en el transporte 2010 .....	49
Gráfico 28. Emisiones de CH <sub>4</sub> en el transporte 2010 .....	49
Gráfico 29. Emisiones de N <sub>2</sub> O en el transporte 2010 .....	50
Gráfico 30. Emisiones de NO <sub>x</sub> en el transporte 2010 .....	50

Gráfico 31. Emisiones de CO en el transporte 2010 .....	51
Gráfico 32. Emisiones de NMVOC en el transporte 2010.....	51
Gráfico 33. Emisiones Internacionales 2010.....	52
Gráfico 34. Emisiones por tipo de gas 2011 .....	53
Gráfico 35. Emisiones de CO <sub>2</sub> 2011 .....	54
Gráfico 36. Emisiones de CH <sub>4</sub> 2011 .....	54
Gráfico 37. Emisiones de N <sub>2</sub> O 2011 .....	55
Gráfico 38. Emisiones de NO <sub>x</sub> 2011 .....	55
Gráfico 39. Emisiones de CO 2011.....	56
Gráfico 40. Emisiones de NMVOC 2011 .....	56
Gráfico 41. Emisiones Internacionales 2011.....	57
Gráfico 42. Emisiones por tipo de gas 2012 .....	58
Gráfico 43. Emisiones de CO <sub>2</sub> 2012 .....	59
Gráfico 44. Emisiones de CH <sub>4</sub> 2012 .....	59
Gráfico 45. Emisiones de N <sub>2</sub> O 2012 .....	60
Gráfico 46. Emisiones de NO <sub>x</sub> 2012 .....	60
Gráfico 47. Emisiones de CO 2012.....	61
Gráfico 48. Emisiones de NMVOC 2012 .....	61
Gráfico 49. Emisiones Internacionales 2012.....	62
Gráfico 50. Porcentaje emisiones de CO <sub>2</sub> provenientes del transporte en el sector energía .....	62
Gráfico 51. Vehículos- Consumo de Energía.....	63
Gráfico 52. Emisiones por tipo de transporte.....	64
Gráfico 53. Consumo de Combustibles en el Transporte Terrestre .....	65
Gráfico 54. Evolución de Emisiones de GEI .....	66
Gráfico 55. Emisiones de CO <sub>2</sub> -Eq.....	67
Gráfico 56. Emisiones de CO <sub>2</sub> del transporte- Escenario BAU .....	73
Gráfico 57. Emisiones de CO al 2040 Escenario BAU.....	74
Gráfico 58. Emisiones de CO <sub>2</sub> por tipo de combustible y transporte.....	75
Gráfico 59. Escenarios Precios.....	78
Gráfico 60. Emisiones de CO <sub>2</sub> -Disminución de la Producción de Petróleo.....	80
Gráfico 61. Emisiones de CO <sub>2</sub> por tipo de transporte .....	81
Gráfico 62. Escenario con inserción de híbridos.....	82
Gráfico 63. Emisiones de CO.....	83
Gráfico 64. Fuentes Alternativas de Energía.....	84
Grafico 65. Emisiones de CO <sub>2</sub> por chatarrización .....	86
Grafico 66. Emisiones de CO <sub>2</sub> al implementar ferrocarril .....	88
Grafico 67. Emisiones por tipo de combustible .....	88

Grafico 68. Red vial del transporte público en Quito.....	90
Grafico 69. Emisiones de CO <sub>2</sub> en Quito.....	91

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A .....	105
Anexo B .....	106
Anexo C .....	107
Anexo D .....	108
Anexo E .....	109
Anexo F .....	110
Anexo G .....	111
Anexo H .....	112
Anexo I .....	113
Anexo J .....	116
Anexo K .....	117
Anexo L .....	118
Anexo M .....	119
Anexo N .....	120
Anexo O .....	121
Anexo P .....	122



## GLOSARIO

**Aerosoles.** Conjunto de partículas sólidas o líquidas presentes en el aire, de tamaño comprendido entre 0.01 y 10  $\mu\text{m}$  que permanecen en la atmósfera durante varias horas o más. Los aerosoles pueden ser de origen natural o antropogénico. Pueden influir en el clima directamente, dispersando y absorbiendo la radiación, o indirectamente, actuando como núcleos de condensación de nubes o modificando las propiedades ópticas y el tiempo de vida de las nubes

**Antropogénico.** Resultante de la actividad de los seres humanos o producido por éstos.

**Capa de ozono.** La estratosfera contiene una capa en la que la concentración de ozono es máxima, denominada capa de ozono. Esta capa abarca aproximadamente desde los 12 km hasta los 40 km por encima de la superficie terrestre. La concentración de ozono alcanza un valor máximo entre los 20 km y los 25km aproximadamente. Esta capa está siendo mermada por efecto de las emisiones humanas de compuestos de cloro y de bromo. Todos los años, durante la primavera del hemisferio Sur, la capa de ozono acusa una merma muy pronunciada sobre la región antártica, causada por diversos compuestos de cloro y bromo de origen antropogénico, en función de las condiciones meteorológicas existentes en la región. Este fenómeno se denomina agujero de ozono.

**Compuestos Orgánicos Volátiles No Metálicos.** Los compuestos orgánicos volátiles (COV) son contaminantes del aire y cuando se mezclan con óxidos de nitrógeno, reaccionan para formar ozono (a nivel del suelo o troposférico). La presencia de concentraciones elevadas de ozono en el aire que respiramos es muy peligrosa.

Se liberan durante la quema de combustibles, como gasolina (el transporte es una de las principales fuentes de emisión de COV), carbón o gas natural.

**Cutter Stock.** El fuel es un residuo de destilación del petróleo crudo. Para disminuir su densidad y viscosidad se le añaden fracciones más ligeras. Al fuel resultante se le denomina cutter stock, que literalmente vendría a ser producto ya fraccionado o fuel fraccionado, o algo similar.

**Diesel y Gas Oil.** Combustibles líquidos que se obtienen de la destilación atmosférica del petróleo entre los 200 y 380 grados centígrados, son más pesados que el kerosene y son utilizados en motores de combustión interna tipo diesel (automóviles, camiones, generación eléctrica, motores marinos y ferroviarios), y para calefacción en usos industriales y comerciales. Se incluyen dentro de este grupo otros gasóleos más pesados que destilan entre 380 y 450 grados centígrados que se usan como insumos petroquímicos.

**Emisiones Internacionales.** Son aquellas emisiones que se cuentan con el combustible del país pero debido a su destino son dirigidas hacia otros países, estas emisiones se reportan pero no contabilizan dentro de las emisiones nacionales.

**Escenario.** Descripción plausible y frecuentemente simplificada de un futuro verosímil, basada en un conjunto consistente y coherente de supuestos sobre las fuerzas controladoras y sobre las relaciones más importantes. Los escenarios pueden estar basados en proyecciones, pero suelen basarse también en datos obtenidos de otras fuentes, acompañados en ocasiones de una descripción textual.

**Escenario de emisiones.** Representación plausible de la evolución futura de las emisiones de sustancias que podrían ser radiativamente activas (por ejemplo, gases de efecto invernadero, aerosoles), basada en un conjunto coherente de supuestos sobre las fuerzas que las determinan (por ejemplo, el desarrollo demográfico y socioeconómico, el desarrollo, la evolución tecnológica) y las principales relaciones entre ellos.

**Forzamiento radiativo.** Variación, expresada en  $W m^{-2}$ , de la irradiación neta (la descendente menos la ascendente) en la tropopausa, debida a una variación del causante externo del cambio climático.

**Freones.** Son especies químicamente inertes, no combustionan y son buenos disolventes. Presentan propiedades termodinámicas especiales: son excelentes fluidos térmicos para la fabricación de neveras, el principal proceso de fabricación de derivados de CFC es la sustitución de un átomo de cloro por uno de flúor.

**Fuel oil.** Es un combustible residual de la refinación del petróleo y comprende a todos los productos pesados (incluyendo los obtenidos por mezcla). Generalmente es utilizado en calderas, plantas de generación eléctrica y en motores utilizados en navegación.

**Gasolinas para motor.** Mezcla de hidrocarburos líquidos, livianos, obtenidos de la destilación del petróleo y/o del tratamiento del gas natural, cuyo rango de ebullición se encuentra generalmente entre los 30-200 grados centígrados. Dentro de este grupo se incluyen:

- Gasolina de aviación: Es una mezcla de naftas reformadas de elevado octanaje, de alta volatilidad y estabilidad y de un bajo punto de congelamiento, que se usa en aviones de hélice con motores de pistón.
- Gasolina automotriz: Es una mezcla compleja de hidrocarburos relativamente volátiles que con o sin aditivos (como el tetraetilo de plomo) se usa como combustible para motores de vehículos terrestres de ignición por chispa.

**Halones.** Son compuestos formados por Bromo, Flúor y Carbono, similares a los CFC. Se caracterizan por ser sustancias con gran capacidad de dañar la capa de ozono ya que contienen bromo y cloro.

**Kerosene y Jet fuel.** Es un combustible líquido compuesto por la fracción del petróleo que se destila entre 150 y 300 grados centígrados. Los querosenos, según su aplicación, se clasifican en:

- Jet Fuel: Es un kerosene con un grado especial de refinación que posee un punto de congelación más bajo que el del kerosén común. Se utiliza como combustible en motores de reacción y turbo hélice.
- Kerosene: Es un combustible que se utiliza para cocción de alimentos, en alumbrado, motores, en equipos de refrigeración y como solvente para asfaltos e insecticidas de uso doméstico.

**Mitigación.** Intervención humana encaminada a reducir las fuentes o potenciar los sumideros de gases de efecto invernadero.

**Nafta.** Es una fracción ligera del petróleo que se obtiene mediante destilación directa entre los 30 y 210° C, se utiliza como insumo tanto en la fabricación de gasolinas, como en la industria petroquímica. Además se emplea como solvente en la industria química (fabricación de pinturas y barnices).

**Otros productos petroleros energéticos.** Comprende todos los productos de refinerías y centros de tratamiento de gas, no especificados anteriormente, los cuales se utilicen como combustibles.

**Productos petroleros no energéticos.** Son aquellos productos que no se utilizan con fines energéticos aun cuando poseen un considerable contenido energético; entre ellos se pueden mencionar los asfaltos, solventes, aceites, grasas y otros lubricantes.

**Slop.** Residuo de petróleo que se lo recupera para posterior reinyección en la columna.

**Troposfera.** Parte inferior de la atmósfera, que abarca desde la superficie hasta unos 10 km de altitud en latitudes medias (de 9 km en latitudes altas a 16 km en los trópicos, de media), en la cual se producen las nubes y los fenómenos meteorológicos. En la troposfera, las temperaturas suelen disminuir con la altura.

**Valor Calórico Neto.** El valor o poder calórico, es la cantidad de calor por unidad de masa, que una fuente material, es capaz de producir al combustionarse.

Existen dos medidas del valor calórico: a) el valor calórico superior y b) el valor calórico inferior.

- Valor calórico superior o bruto. Es la cantidad de calor generado por la combustión de un producto, que incluye el calor latente del vapor de agua que se forma, al combinarse el hidrógeno contenido en el producto, con el oxígeno del aire.
- Valor calórico inferior o neto. Es la cantidad de calor generado por la combustión de un producto, descontado el calor latente del vapor de agua que se forma.

Cabe anotar que para la cuantificación del contenido calórico de las fuentes combustibles, se toma el valor calórico inferior, ya que se considera que el calor contenido en el vapor de agua de la combustión, que es liberado cuando el agua se condensa, se pierde debido a que este vapor se disipa en la atmósfera.

**WTI.** West Texas Intermediate. Es el petróleo crudo que se extrae en el golfo de México y sirve como referencia para las transacciones financieras en New York (NYMEX).

## **INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN EL SECTOR TRANSPORTE AL 2012**

### **RESUMEN**

En este estudio se elaboró el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI) asociadas al transporte, para el periodo 2007-2012, en base a datos de consumo de combustibles en este sector, utilizando la metodología propuesta por el IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change).

Se utilizó datos de consumo y propiedades de los combustibles que fueron proporcionados por instituciones como: Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero, Petroecuador, El Banco Central, Agencia Nacional de Tránsito y más; así como los factores de emisión propios del método que se los aplicó mediante el uso de un software especializado.

Con ello se determinó las emisiones de dióxido de carbono, monóxido de carbono, metano y se elaboró un historial de las mismas. Con lo que se plantea cuatro escenarios de mitigación, considerando aspectos económicos, tecnológicos y políticos.

Se concluye que el transporte es el principal emisor de GEI con el 50% de emisiones dentro del sector energético y el transporte terrestre emite el 90% de las emisiones por tipo de transporte. Se plantea como medida de mitigación la implementación de tecnologías limpias como el uso de GLP que permitirá una disminución de 15% del total al 2040.

**PALABRAS CLAVES:** GASES DEL EFECTO INVERNADERO/ EMISIONES DE VEHÍCULOS/ ECUADOR/ TRANSPORTE/ COMBUSTIBLES/ / INVENTARIOS/ CONTAMINACIÓN DEL AIRE

## **NATIONAL GREENHOUSE GAS EMISSIONS INVENTORIES IN THE TRANSPORTATION SECTOR TO 2012**

### **ABSTRACT**

In this study was developed the National Greenhouse Gases Emissions Inventories (GHG) associated with transportation for the period 2007 to 2012, based on fuel consumption data of the sector using the methodology proposed by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

Was used consumption information and fuel proprieties that were provided by institutions such as Hydrocarbon Regulation and Control Agency, Petroecuador, Central Bank, National Transit Agency and more, as well as the emissions factors of the applied method, using specialized software.

Was determined emissions of carbon dioxide, carbon monoxide methane and was performed a history of emissions. With it, poses four mitigations scenarios, considering economical, technological and political aspects.

It was concluded that the transport is the main source GHG emitter to 50% of the emissions in the energy sector and land transport contributes 90% of emissions by type of transport. Was proposed as a mitigation measure the implementation of clean technologies such as the use LPG will allow a decrease of 15% of the total emissions to 2040.

**KEY WORDS:** GREENHOUSE GASES/ EMISSIONS VEHICLES/ ECUADOR/  
TRANSPORT/ FUEL/ INVENTORIES/ AIR POLLUTION

## INTRODUCCIÓN

La calidad del aire ha sido una de las preocupaciones más inquietantes en el mundo, es por ello que se han estudiado varios factores que intervienen en la contaminación ambiental de la atmósfera. El constante desarrollo económico de las sociedades, el crecimiento poblacional, la demanda de recursos naturales, que son fuente de energía ocasionan un incremento en las emisiones de contaminantes a la atmósfera.

En este punto, considerando la matriz energética mundial, el transporte es uno de los principales demandantes de combustibles fósiles. En 2007, el 61.2% del consumo mundial de petróleo fue usado en transporte. Consecuentemente, se categoriza como, el principal sector consumidor global de petróleo, y de mayor crecimiento (IEA, 2009). Este crecimiento identifica al transporte como un foco generador de emisiones de GEI.

Estudios realizados en el Ecuador hasta el año 2006, definen que al sector Agricultura (51%) como el de mayor generación de emisiones de GEI; seguido por Uso de Suelos, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura (39%); Energía (7%); Desechos (2%); y, Procesos Industriales (1%) [1]. En el año 2008, según el reporte de la OLADE, el 55% de combustibles fósiles son consumidos por el transporte. Lo que implica emisiones de contaminantes, que perjudican a la salud humana y sobre todo al planeta. Esto debido a que la acumulación de los mismos se produce calentamiento global y con ello cambios en el clima.

El problema de las emisiones de GEI, radica en el alto crecimiento económico de las sociedades creando necesidades, poco amigables con el ambiente como el uso de transporte para movilizarse; como consecuencia se les atribuye una alta emisión de GEI que perjudicando la salud de las posteriores generaciones y de los ecosistemas.

Como respuesta a la problemática asociada con el incremento de emisiones de GEI, se creó el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (por sus siglas en inglés CMNUCC) en el año 1992, con el fin de buscar las causas del cambio climático y brindar soluciones. Es así que en el año 1997, se firmó el Protocolo de Kioto. Dicho protocolo abarca un acuerdo entre países signatarios, con el objetivo de reducir las emisiones de GEI en un 5.2%, tomando como referencia el año 1990[2].

Las Partes (países miembros), se comprometen a elaborar, actualizar, facilitar y publicar periódicamente a la Conferencia de las Partes los inventarios nacionales de emisiones antropogénicas por las fuentes, y de la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal. [3]

La elaboración del Inventario de GEI, tiene entre sus objetivos el permitir evaluar las emisiones originadas por el transporte a nivel nacional. A fin de ser utilizado para la toma de decisiones, que permitan la disminución de emisiones contaminantes. A raíz de ello, las principales interrogantes de análisis son:

¿Cómo han evolucionado las emisiones de GEI en los últimos 6 años, y qué medida de mitigación es la más recomendable de implementar en este sector?

Para resolver esta interrogante, como estrategia de resolución se recurre a las siguiente sub-preguntas:

¿Qué porcentaje de emisiones corresponden al sector transporte dentro del sector energía?

¿Cuál es el tipo de transporte de mayores emisiones de GEI?

¿Qué tipo de combustible es el más utilizado en el transporte?

¿Cuál es el principal GEI emitido por el transporte, y en qué cantidades se emite?

¿Las medidas adoptadas por el gobierno al momento son efectivas a largo plazo?

¿Qué acciones políticas y/o económicas se pueden adoptar para la reducción GEI?

¿Qué tecnologías se puede adoptar para la reducción de emisiones de GEI?

La metodología usada para la realización del presente trabajo, se inicia con la revisión bibliográfica de estudios similares a nivel nacional e internacional: seguido por la identificación de una metodología común para el caso de estudio, la misma que ha sido desarrollada por el IPCC, y consta del uso de un software que permite una estimación muy próxima a la realidad. Para ello fue necesario mantener comunicaciones con entidades internacionales con el fin de establecer los lineamientos adecuados y autorizaciones para la elaboración de los inventarios.

Paralelamente se recopiló datos de consumo y propiedades de combustibles; así como factores de emisión; información que fue facilitada por instituciones como PETROECUADOR, Banco Central del Ecuador, ARCH, OLADE y Ministerios relacionados. Con esta información se dio paso al procesamiento de datos en el software establecido y se determinó la estructura de los datos para su difusión.



Cabe resaltar que por no disponerse de Factores de Emisión propios del sector y de la Fracción de Carbón Oxidado propios del país (Oficialmente reconocidos por el Ministerio del Ambiente), se utilizaron valores recomendados por la metodología del IPCC, versión 1996 y las Guías para la Elaboración de Inventarios 2006. El determinar las emisiones de GEI depende de información disponible y de su veracidad, en lo posible se requiere contar con información oficial, por ello se tomó el nivel más sencillo ya que en el país no hay mucha investigación que permita llevar los cálculos a sub niveles.

Una vez completada la etapa de estimación de emisiones de GEI se procede a construir escenarios de mitigación, para ello se recopiló estudios de medidas internacionales adoptadas para la reducción de consumo de combustibles y las posibles estrategias de los gobiernos cantonales y a nivel nacional. Con esta información se plasmaron escenarios a 30 años para ver el impacto ambiental. Esta información nos permitió identificar las medidas de mitigación más efectivas en el sector.

Como parte del estudio se muestra las bases teóricas, el fundamento de la metodología utilizada, y los resultados reflejados en cantidades de emisiones de cada tipo de transporte por tipo de gas. Complementariamente se indican los posibles escenarios de mitigación y su comportamiento a largo plazo.

El contar con datos actuales de emisiones de GEI provenientes del transporte, permite a las Instituciones públicas involucradas con la temática, contar con herramientas de base para enfocar sus estudios en un determinado tipo de transporte y/o medida de mitigación.

Finalmente cabe destacar que esta investigación será un aporte directo al nuevo inventario de emisiones de gas de efecto invernadero de la tercera comunicación nacional que estará liderada por el MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador).

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1. Cambio climático.

Se llama cambio climático a la variación global del clima de la Tierra. Estos cambios en los parámetros climáticos como: temperatura, precipitaciones, nubosidad, se producen a diversas escalas de tiempo y pueden ser debidos a causas naturales y también a la acción del hombre.

**1.1.1. Factores que determinan el clima.** El clima representa el estado de las condiciones de la atmósfera en una determinada zona, en términos de valores se describe como valores medios y de variabilidad de temperatura, precipitaciones y vientos, que pueden abarcar desde meses hasta millones de años.

“A medida que el desarrollo de las sociedades crece el clima también ha ido evolucionando ya sea por factores externos o factores naturales. Las radiaciones solares dotan de energía al planeta. Existen tres formas fundamentales para cambiar el equilibrio de radiación en la tierra: cambiando la radiación solar incidente; cambiando la radiación solar reflejada y por una modificación en la radiación emitida de onda larga desde la tierra hacia el espacio (cambios en la concentración de gases de efecto invernadero)” [4].

De este antecedente podemos analizar que el clima se determina ya sea por cambios naturales como erupciones volcánicas, otros factores son los provocados por la humanidad, entre ellos y uno de los más importantes las emisiones de gases de efecto invernadero que actúan como un manto parcial de radiaciones.

La reflectividad nos indica que las nubes suelen tener un efecto refrescante sobre el clima (aunque localmente uno puede sentir el efecto del calentamiento: las noches nubladas resultan más calientes que las noches claras porque las nubes emiten energía de onda larga a la superficie terrestre). Las actividades humanas intensifican este efecto por la emisión de gases de efecto invernadero.

Por ejemplo, la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera se ha incrementado en un 35% aproximadamente en la era industrial y se sabe que este incremento se debe a actividades

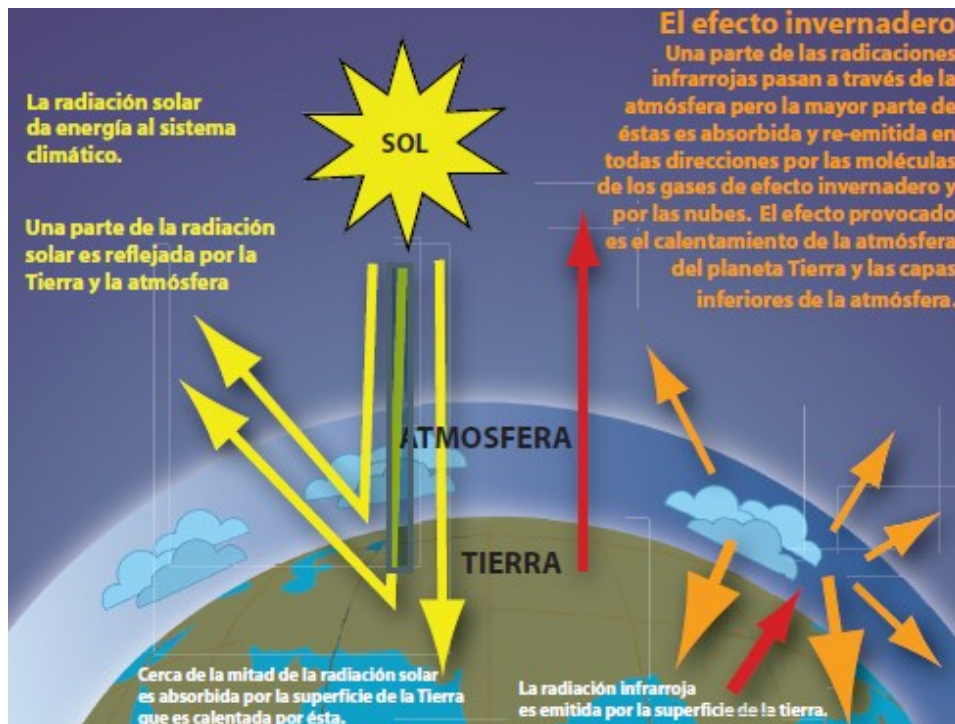
humanas, básicamente a la combustión de combustibles fósiles y la eliminación de los bosques. De esta forma, la humanidad ha alterado drásticamente la composición química de la atmósfera global con consecuencias sustanciales para el clima.

Mientras muchos factores continúan influyendo en el clima, los científicos han determinado que las actividades humanas se han convertido en una fuerza dominante, responsables de gran parte del calentamiento que hemos experimentado en los últimos 50 años. Los cambios climáticos provocados por el ser humano se han producido básicamente por las variaciones en las cantidades de gases de efecto invernadero en la atmósfera, y también por los cambios en las pequeñas partículas (aerosoles), así como, por ejemplo, debido a cambios en el uso de la tierra.

**1.1.2. Efecto Invernadero y GEI.** Las radiaciones de origen solar a la tierra son reflejadas al exterior y otra parte es retenida en el planeta. En la atmósfera gran parte de las radiaciones son absorbidas o reflejadas en la superficie de la tierra y en las nubes. En resumen el efecto invernadero resulta del incremento de temperatura por la retención de gases de efecto invernadero (GEI) atrapados en la atmósfera. Cuanto mayor sea la cantidad de gases retenidos en la atmósfera, mayor es la energía retenida, lo que impide la salida de las radiaciones que equilibraría la temperatura del planeta.

“El agua, el dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso son componentes naturales de la atmósfera. Estos gases tienen la propiedad de absorber parte de la radiación. De modo que, cuando su concentración aumenta, la radiación saliente al espacio exterior es menor y, por lo tanto, aumenta la temperatura que adquiere el planeta aumenta”. [5]

Las emisiones de vapor de agua son reguladas por la temperatura que condiciona su remoción a través de los procesos de condensación y congelación. Mientras que las emisiones de dióxido de carbono son modificadas por la humanidad debido a su crecimiento exponencial de los últimos años y su consumo de recursos, estas son originadas principalmente por la quema de combustibles fósiles. El principal problema de estos gases radica en el tiempo de vida en la atmósfera este se puede extender hasta 15 (para el metano) y 120 años (para el óxido nitroso).



Fuente: IPCC, Climate Change: Physical Science Basis, New York, 2007, p.89

**Figura 1. Modelo idealizado del efecto invernadero**

**1.1.3. Gases de Efecto Invernadero.** Los así llamados GEI tienen la propiedad de absorber la radiación en las longitudes de onda de la ventana de radiación (Radiación que sale desde la superficie hacia el exterior, comprendida entre 4 y 50 micrones). Su presencia disminuye la emisión desde la superficie hacia el exterior, por lo que su incremento en la atmósfera origina la retención de emisiones y un desequilibrio en la temperatura del planeta.

Los gases naturales de efecto invernadero son el agua, el dióxido de carbono, el metano, el óxido de nitrógeno y el ozono. El crecimiento poblacional el desarrollo industrial y tecnológico ha generado productos que se vuelven imprescindibles en el día a día de la sociedad; tal es el caso de las sustancias refrigeradoras, aerosoles, y más, estos productos y electrodomésticos consisten principalmente de compuestos tales como freones y halones cuyas propiedades radiactivas los hacen GEI artificiales. Su efecto invernadero es mucho más potente que los naturales, pero ocupan un pequeño espacio en la atmósfera.

**Cuadro 1. Forzamiento radioactivo por unidad de masa y Tiempo de vida referido al CO<sub>2</sub>**

Gases	CO <sub>2</sub>	Tiempo de vida, años
CO <sub>2</sub>	1	100
CH <sub>4</sub>	58	14.5
N <sub>2</sub> O	206	120
CFC 11 (CFCl <sub>3</sub> )	3970	50
CFC 12 (CF <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> )	5750	102

Fuente: Barros Vicente, El Cambio Climático Global, Buenos Aires, 2006, pág. 45

No obstante, en el Protocolo de Kioto se hace hincapié en los siguientes gases:

- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)
- Monóxido de Carbono (CO)
- Metano (CH<sub>4</sub>)
- Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)
- Hidrofluorocarbonos (HFC)
- Perfluorocarbonos (PFC)
- Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>)

“Aunque estos gases son de origen natural, sus emisiones han aumentado de manera dramática en los dos últimos siglos, debido a las actividades humanas. El CO<sub>2</sub>, que es con gran diferencia la fuente más importante, ha crecido aproximadamente un 80 por ciento (un 28 por ciento desde 1990). El metano es la segunda fuente por orden de importancia, seguido del óxido nitroso. Sin una intervención mundial concertada, las emisiones de gases de efecto invernadero crecerán, según las proyecciones, entre un 25 y un 90 por ciento entre el año 2000 y el 2030; originando cambios de temperatura en el planeta y afectando a la humanidad”. [6]

## **1.2. Convenios intergubernamentales.**

Nacen como una iniciativa para el control de las emisiones de GEI en cada país. Durante 1992 en la reunión de Jefes de Estado en Rio de Janeiro se firmó La Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC en inglés) la misma que impulsa la creación de medidas para un mejor desarrollo y la reducción de emisiones de GEI que producen el cambio climático, sin embargo no incluía medidas concretas.

“Este organismo entre sus acuerdos estableció diferencia dos tipos de grupos bien definidos, uno en el cual se involucran los países desarrollados (ANEXO B), con obligaciones de informar sobre la situación frente al Cambio Climático, difusión de Inventarios de GEI, planes y programas ambientales que deben ser reportados en la Comunicación Nacional que se presenta obligatoriamente cada periodo. Por otro lado están los países en vías de desarrollo (NO ANEXO B), aquellos que son parte del otro grupo el cual no tiene obligación alguna, solo en caso de tener asistencia financiera internacional para ello.” [7]

**1.2.1. Protocolo de Kioto.** La UNFCCC el 11 de diciembre de 1997 durante la Tercera Conferencia de las Partes, en la ciudad de Kioto, compromete a los países del Anexo B a ejecutar un conjunto de medidas para reducir los gases de efecto invernadero. Los gobiernos signatarios pactaron reducir en un 5,2% de media las emisiones contaminantes entre 2008 y 2012, tomando como referencia los niveles de 1990. El acuerdo entró en vigor el 16 de febrero de 2005, después de la ratificación por parte de Rusia el 18 de noviembre de 2004. En la actualidad 166 países lo han ratificado.

**1.2.2. Acuerdo Internos en el Ecuador.** Ecuador, en cumplimiento de su compromiso ante la UNFCCC y considerado como un país en vías de desarrollo, forma parte de los llamados países del Grupo No Anexo B. Durante estos últimos años busca participar en proyectos, para ello como respuesta a las directrices de la UNFCCC ha reportado la Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático en el 2011 (1) y pretende generar la Tercera Comunicación Nacional, para ello se debe abordar temas como Circunstancias Nacionales, Inventarios Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en diferentes sectores, Medidas de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático, Obstáculos, Vacíos, Necesidades Conexas de Financiamiento, y más.

**1.2.3. Metodología del IPCC.** El Organismo de Cambio Climático también denominado Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), es un organismo independiente de la UNFCCC, pero ésta lo reconoce como asesor científico. Se estableció en el año de 1988 por medio de la organización Meteorológica Mundial (WMO) y el Programa Ambiental de las Naciones Unidas (UNEP). Este organismo conformado por científicos se ha encargado de llevar negociaciones del mercado de emisiones de GEI, discusiones y métodos de levantamiento de inventarios y otros temas relacionados.

Entre uno de sus aportes ha difundido guías para el levantamiento de inventarios de GEI por medio de una metodología sencilla que sea usada a nivel mundial y que permita una estimación muy aproximada usando factores de emisión generales y oficiales.

La elaboración del Inventario tiene, entre otros objetivos, el permitir evaluar la evolución de las emisiones a nivel global y de cada país, con el fin de tomar decisiones, a través del uso de una metodología común. Al respecto, por decisión de la Conferencia de las Partes de la UNFCCC, los Países en Desarrollo deben utilizar la metodología elaborada por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) al año 1996 para poder ser aceptada esta información como oficial.

### **1.3. Inventario de gases de efecto invernadero.**

La elaboración del Inventario tiene, entre otros objetivos, el permitir evaluar la evolución de las emisiones a nivel global y de cada país. Al respecto, por decisión de la Conferencia de las Partes de la CMNUCC, los Países en Desarrollo deben utilizar la metodología elaborada por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) al año 1996. [8]

El inventario de Gases de Efecto Invernadero es la contabilidad de las emisiones de gases y partículas que resultan de las actividades antropogénicas aumentando la concentración de gases en la atmósfera en niveles superiores a los que son producidos en forma natural. Los gases que se consideran de efecto invernadero son CO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CH<sub>4</sub> y NMVOC (Compuestos Orgánicos Volátiles No metálicos), cuyo efecto final sería el calentamiento global de la tierra, causando cambios en los patrones de comportamiento del clima, las lluvias y los vientos y aumentando el nivel del mar, cambios que ocasionarían catástrofes impredecibles.

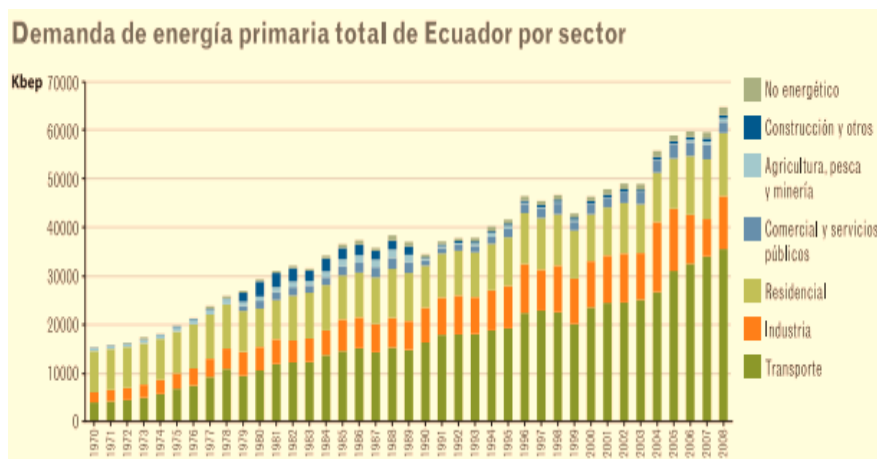
A partir de los inventarios detallados de GEI, se identifican las principales causas de estas emisiones, su evolución histórica y su posible aumento o comportamiento hacia el futuro y se facilita la selección de alternativas para su control o mitigación.

**1.3.1. Sector Transporte y su infraestructura.** El transporte aumenta a escala mundial a medida que crecen las economías. Esto se cumple, especialmente, en muchas áreas del mundo en desarrollo donde la mundialización está ampliando los flujos comerciales y el incremento de la renta personal está aumentando la demanda de movilidad motorizada.

El transporte actual se impulsa principalmente mediante motores de combustión interna alimentados por combustibles petrolíferos (95% del 83 EJ del uso de energía de transporte mundial en 2004) (2). Como consecuencia, el uso del petróleo sigue de cerca al crecimiento del transporte. En el año 2004, la energía del transporte ascendió al 26% del total de la energía

mundial utilizada. En el mundo desarrollado, la energía del transporte continúa aumentando ligeramente a más de un 1% anual. 1)

“El transporte de pasajeros consume actualmente del 60 al 75% del total de la energía del transporte. En los países en desarrollo, el uso de la energía para transporte aumenta con mayor rapidez (del 3 al 5% anual) y se prevé un crecimiento desde el 31% en el año 2002 al 43% del uso mundial de energía para transporte para el año 2005.” [9]



Fuente: OLADE, Manual de Estadísticas Energéticas, Quito, 2011, p. 23

**Figura 2. Consumo de energía primaria por sector**

La producción de petróleo convencional alcanzará un pico con el tiempo, pero no se sabe con exactitud cuándo y qué repercusión tendrá. El gas natural convencional contiene más energía que el petróleo convencional pero, al igual que el petróleo, el gas no está distribuido uniformemente por todo el planeta. En el futuro, la falta de seguridad en los suministros de petróleo y gas en los países consumidores puede producir un cambio hacia el carbón, la energía nuclear y/o energía renovable. Existe, además, una tendencia hacia portadores de energía más eficaces y convenientes (electricidad y combustibles líquidos y gaseosos) en vez de sólidos.

El problema para muchos gobiernos radica en la mejor manera de satisfacer la siempre creciente demanda de servicios energéticos fiables a la vez que reducen los costes económicos para sus electores, asegurando la seguridad energética, reduciendo la dependencia de importaciones de fuentes de energía y minimizando las emisiones de los GEI asociados y otros contaminantes. La selección de los sistemas de suministro energético para cada región del planeta dependerá de su desarrollo, infraestructura existente y costes comparativos locales de los recursos energéticos disponibles.



“En los países en desarrollo, los niveles de tenencia de vehículos son mucho más bajos. En estos países, el transporte no motorizado desempeña una función importante y existe una mayor dependencia de los vehículos motorizados de dos y tres ruedas y del transporte público.”[10]

**1.3.2. Características del sector transporte en el país.** En Ecuador el transporte por tierra se solventa casi exclusivamente por medio de vehículos en carreteras, calles etc. El transporte por medio del ferrocarril es marginal en la actualidad, en el 2008 se registró una cantidad de aprox. 36.000 pasajeros transportados. En cambio, el transporte por medio de carreteras, calles etc. ha crecido de manera muy significativa en los últimos años. Un dato de 1990 nos indica que había un total de 320.000 vehículos matriculados, en el año 1998 eran unos 590.000 y en el 2011 llegó a 1'418. 339 [11]. Según esta información el crecimiento ha sido más fuerte por lado de los vehículos destinados al transporte de personas en comparación a los vehículos para el transporte de carga.

En el contexto de la caracterización del sector transporte en Ecuador es necesario tener en cuenta que en Ecuador existe un subsidio para derivados de hidrocarburos. Los precios de los combustibles son fijados por Decreto Ejecutivo a niveles relativamente bajos, en comparación con el contexto internacional. Así, los precios de Naftas han permanecido constantes en US\$ 1,68/galón (gasolina súper) y US\$ 1,30 (gasolina extra) desde el 2003 hasta la fecha (venta en terminal). Para el diesel el precio ha permanecido fijo (venta en terminal) en US\$ 0,90/galón desde el 2003 hasta la fecha.

Lo que es muy difícil de entender, pues a nivel mundial los precios internacionales se mantienen entre 1,28 a 1,4 \$/litro. En países como Argentina el precio por litro de gasolina es de alrededor de 1,46\$. Pero lo más grave ocurre con el GLP, el precio en promedio para los Países de América Latina está cerca del 1,10\$/Kg. Un ejemplo es Colombia en donde el precio es de 1,34 \$/kg.

**1.3.3. Tipos de Transporte.** Para este estudio se tomarán los principales tipos de transporte para estudio, entre ellos tenemos:

- Terrestre: Medio de transporte de viajeros de uso común. Se diferencia dos grandes grupos: el primero, que se utiliza por las empresas de transporte públicas o privadas por carretera y disponen de una flota de autocares con la que pueden prestar su servicio en régimen de línea regular o en servicio discrecional. El segundo suele ser de propiedad particular individual o en régimen de alquiler con o sin chofer.

- Marítimo: Se utiliza mayormente para la importación y obviamente se requiere acceso a un puerto o muelle para recibir la carga.
- Aéreo: El transporte aéreo o transporte por avión es el servicio de trasladar de un lugar a otro pasajeros o cargamento, mediante la utilización de aeronaves, con fin lucrativo. El transporte aéreo tiene siempre fines comerciales. Si fuera con fines militares, éste se incluye en las actividades de logística.
- Ferroviario: es un sistema de transporte terrestre de personas y mercancías guiado sobre carril.

El transporte ferroviario no se lo considerará por la falta de información oficial, este tipo de transporte es principalmente para uso turístico, lo cual implica un mínimo de emisiones de GEI. En la actualidad Ferrocarriles del Ecuador EP, está empezando como Empresa Pública y no cuenta con información adecuada para elaborar sus inventarios por medio de la metodología del IPCC. Sin embargo se tiene en cuenta que el número de pasajeros transportados va en aumento además la tecnología usada para futuros recorridos futuros y actuales a partir del 2009 es diésel-eléctrica; por lo que no resulta significativa la contribución de emisiones.

**Cuadro 2. Pasajeros transportados por ferrocarril**

<b>Años</b>	<b>Pasajeros Transportados</b>
2007	40,418
2008	29,758
2009	46,262
2010	40,173
2011	91,070

**Fuente:** INEC, Anuario Estadístico de Transporte, Quito, 2007-2012, p. 96

## 2. MARCO METODOLÓGICO

### 2.1. METODOLOGÍA IPCC

La metodología recomendada por el IPCC, permite de forma sencilla la estimación de emisiones de GEI, utilizando un software en donde se ingresa información oficial y por medio de conversiones con factores de emisión, poderes calóricos y otras propiedades se pueden obtener resultados cercanos a los reales.

**2.1.1. Área de Análisis y Año Base.** Para la estimación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero, se toma como área de análisis Ecuador dentro del contexto de países en vías de desarrollo.

Según la metodología adoptada, cada sector es dividido en subsectores, cuya definición y alcance se resume a continuación:

- “Energía: Incluye las emisiones totales de los GEI resultantes de la combustión en fuentes estacionarias y móviles y, de las emisiones fugitivas. En la categoría de quema de combustibles se incluyen los subsectores: Industria de la energía, Industrias manufactureras y de la construcción, Transporte, y Otros sectores. Como emisiones fugitivas se considera las relacionadas con el petróleo y gas natural.
- Agricultura y Uso del Suelo, Cambio en el uso de Suelo y Silvicultura (USCUSS): Esta categoría desglosa las emisiones en cinco fuentes: ganado doméstico, cultivo del arroz, quema prescrita de sabanas, quema en el campo de residuos agrícolas y suelos agrícolas. Para el uso del Suelo, Cambio en el uso de Suelo y Silvicultura (USCUSS): En esta categoría se incluye el cambios en bosques y otros tipos de biomasa leñosa, la conversión de bosques y praderas, el abandono de tierras manejadas y las emisiones y remociones de CO<sub>2</sub> del suelo debido al manejo y el cambio del uso del suelo.
- Desechos: Se consideran fundamentalmente las emisiones procedentes de Residuos Sólidos dispuestos en rellenos sanitarios y botaderos y de vertimientos de aguas residuales.
- Procesos Industriales: Se consideran las actividades industriales no relacionadas con la energía. Las principales fuentes de emisiones son los procesos de producción industrial que transforman química o físicamente los materiales, como producción de cemento, de caliza,

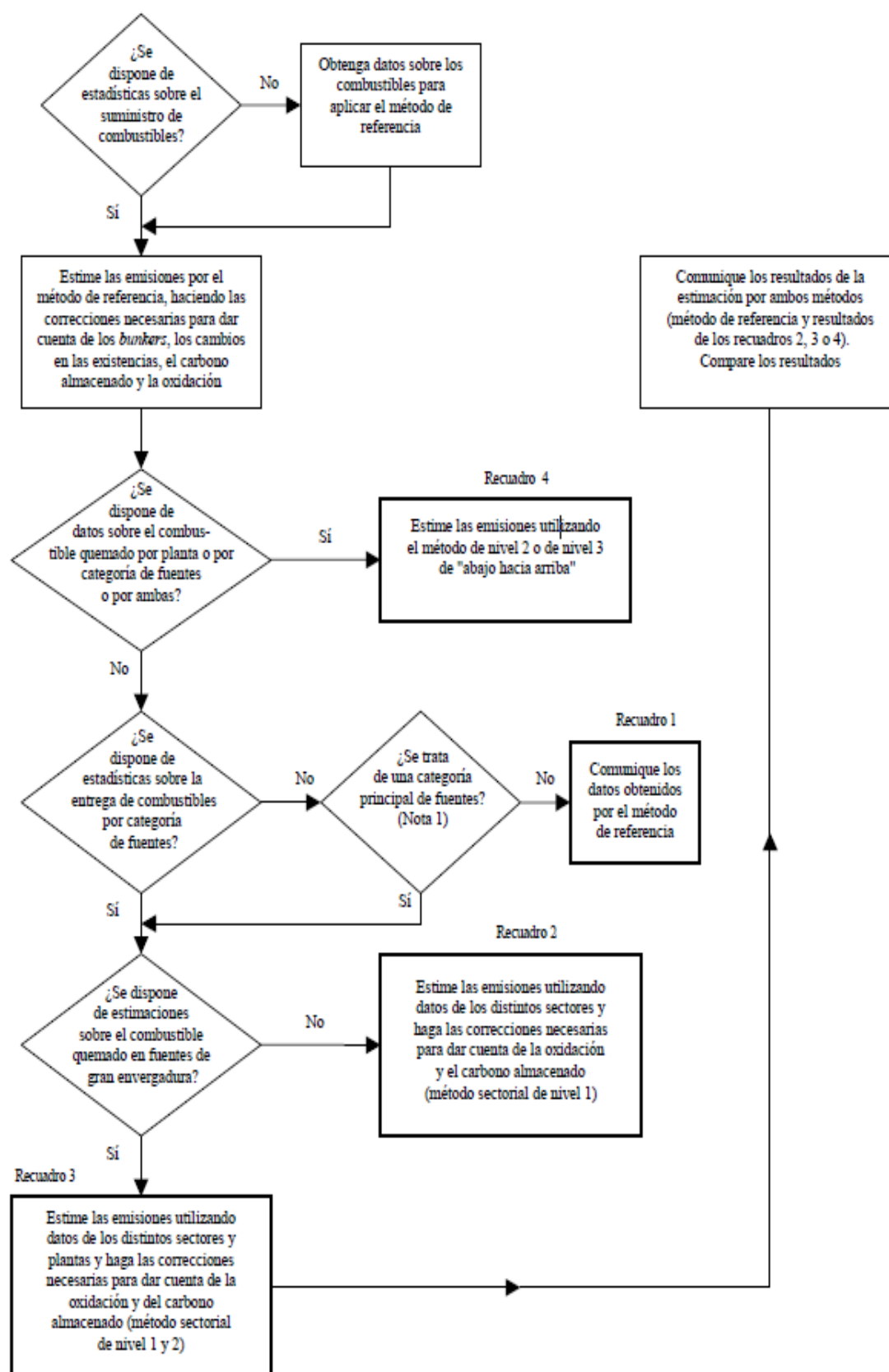
producción y utilización de productos minerales varios, pulpa, caliza, alimentos y bebidas, etc.

- Otros (Emisiones indirectas de la deposición de nitrógeno en fuentes no agrícolas)". [12]

Con esta identificación de sectores y considerando la existencia de inventarios hasta el 2006, se ha generado una investigación de los últimos 6 años, cumpliendo con un historial del 2007 al 2012. Dentro de esta limitación se eligió el sector transporte por ser el de mayor importancia con un porcentaje de emisiones de CO<sub>2</sub> de 47, 21% en el 2006 y un 64,96% en el 2012.

**2.1.2. Elección del Método.** En el capítulo 1, "Energía", de las Directrices del IPCC, se describen tres métodos: dos métodos de nivel 1 (el "método de referencia" y el "método sectorial") y el método de nivel 2-nivel 3 (un método detallado de base tecnológica, también denominado método "de abajo hacia arriba").

En nuestro caso se elige el método del nivel 1, ya que por la falta de investigación no contamos con información detallada y oficial de factores de emisión. Además para ello fue necesario utilizar un árbol de decisiones que permita confirmar el método a seguir de acuerdo a la información obtenida.



**Fuente:** IPCC, Buenas Prácticas para la elaboración de inventarios de GEI, New York, 2007  
Volumen 2, pp. 2-10

**Figura 3.** Árbol de decisiones para seleccionar el método de estimación

Debido a las características que tienen las estimaciones del método de referencia, las emisiones procedentes de fuentes fijas de combustión no pueden distinguirse de las emisiones procedentes de fuentes móviles. De la misma manera, el método sectorial no siempre consigue diferenciar entre distintas categorías de fuentes de emisiones dentro de una misma actividad económica; por ejemplo en nuestro caso se determinó las emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector energía y dentro de este solo se tomó el subsector transporte, en donde se determinó el porcentaje de contribución de cada tipo de transporte (Aéreo, marítimo, terrestre), más no la contribución de cada tipo de transporte (autos, camiones, motocicletas, etc).

Esta deficiencia se la puede cubrir con la metodología EPA (Agencia de Protección Ambiental), que consiste en un cálculo muy simple, donde se multiplica el número de vehículos, por la distancia media recorrida y por el factor de emisión que depende de la tecnología y la categoría a la que pertenece. Pero hay que considerar nuevamente que el país no cuenta con estos factores de emisión por lo que la incertidumbre del cálculo se incrementa.

**2.1.3. Procedimiento de la Metodología.** De acuerdo con el método de referencia, las estimaciones procedentes de la quema de combustibles se realizarán en varias etapas:

**Paso 1.** Estimación del consumo aparente de combustibles;

**Paso 2.** Conversión a una unidad común de energía: 44,80 TJ/10<sup>3</sup> ton para gasolina y 43,33 TJ/10<sup>3</sup> ton para diésel

**Cuadro 3. Valor Calórico Neto para Combustibles**

(TJ/10 <sup>3</sup> Ton)	
<b>Derivados del Petróleo</b>	
<b>Gasolina (aviación y autos)</b>	44.80
<b>Jet Kerosene</b>	44.59
<b>Shale Oil</b>	36.00
<b>Gas/Diesel Oil</b>	43.33
<b>Fuel Oil residual</b>	40.19
<b>GLP</b>	47.31
<b>Etano</b>	47.49
<b>Nafta</b>	45.01
<b>Lubricantes</b>	40.19
<b>Otros Productos</b>	40.19

Fuente: IPCC, Guidelines for National Inventories: Volumen 2, New York, Table 1.3 p. 1-6.

**Paso 3.** Multiplicación por los factores de emisión para calcular el contenido de carbono: 19,4 TonC/TJ para Gasolina y 19,9 ton C/TJ para Diésel.

**Cuadro 4. Factor de emisión de contenido de Carbón**

Combustibles	FEC (Tc/TJ)
<b>FÓSILES LÍQUIDOS</b>	
<i>Combustibles primarios</i>	
Petróleo crudo	20
Orimulsión	22
Líquidos de gas natural	17,2
<i>Combustibles/productos secundarios</i>	
Gasolina	18,9
Querosene	19,5
Otros queroseno	19,6
P. de esquisto bituminoso	20
Gasóleo/ fuelóleo	20,2
Fuelóleo residual	21,1
GLP	17,2
Etano	16,8
Nafta	20
Asfalto	22
Lubricantes	20
Gas de refinería	18,2
Otros productos del petróleo	20
<b>FÓSILES SÓLIDOS</b>	
<i>Combustibles primarios</i>	
Antracita	26,8
Carbón de coque	25,8
Otro carbón bituminoso	25,8
Lignito	27,6
Esquisto bituminoso	29,1
Turba	28,9
<i>Combustibles/productos secundarios</i>	
Bq. De lignito y prensadas	25,8
Gas de horno de coque	29,5
Gas de horno de coque	13
Gas de alto horno	66
<b>FÓSILES GASEOSOS</b>	
Gas natural (seco)	15,3

Fuente: IPCC, Guidelines for National Inventories: Volume 3, New York, p. 1-24

**Paso 4.** Cálculo del carbono real almacenado (porción de carbono que se espera que se oxide y que proviene del combustible que no ha sido utilizado como comburente)

**Paso 5.** Corrección para dar cuenta del carbono no oxidado. La fracción del carbono oxidado es 0,99, para petróleo y derivados de petróleo.

**Cuadro 5. Fracción de carbón Oxidado**

Fracción del Carbono Oxidado	
Carbón <sup>1</sup>	0,9
Petróleo y derivados del petróleo	0,99
Gas	0,995
Turba para generación de electricidad <sup>2</sup>	0,99

<sup>1</sup> Esta cifra es una media global y varía para distintos tipos de carbón

<sup>2</sup> La fracción correspondiente a la turba utilizada en los hogares puede ser menor

**Fuente:** IPCC, Guidelines for National Inventories: Volumen 2, New York, Table 1.4 p. 1.8

**Paso 6.** Conversión del carbono no oxidado a emisiones de CO<sub>2</sub>: Multiplicar la cantidad de carbono total oxidado por el factor 44/12.

**2.1.4. Elección de Datos.** Los datos de actividad de todos los niveles consisten en la cantidad y el tipo de combustible quemado. Estos datos a menudo pueden obtenerse de los organismos nacionales de estadísticas energéticas que a su vez los obtienen directamente de las empresas que consumen combustibles, o de las personas encargadas de los equipos de combustión.

Como se recomienda en las Buenas Prácticas de la Metodología se prefiere utilizar las estadísticas sobre quema de combustibles, en lugar de las estadísticas sobre entregas, cuando se dispone de ellas. Para nuestro caso de estudio se realizó un resumen de la base de datos de la ARCH (Agencia de Regulación y Control de Hidrocarburos), en cuanto a consumo de combustibles, además se los comparó con los datos del área de comercialización de PETROECUADOR. Para la información requerida para el método de referencia se tomó la información de la ARCH que al igual coincide con datos emitidos por el INEC, El Banco Central del Ecuador y los informes Anuales de Petroecuador. (Ver Anexo A, B, C y D). La Información de biomasa, producción de gas natural y GLP se tomó de la base de datos de la OLADE y se comparó con los reportes del Banco Central mostrando igualdad. (Ver Anexo E)



**Cuadro 6. Datos de Producción de Crudo y Derivados**

	AÑOS					
<b>COMBUSTIBLE, 10<sup>3</sup> Ton</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
<b>Petróleo Crudo</b>	25431,67	25174,45	24198,97	24175,31	24880,20	25111,90
<b>Diesel 1,2, Premium</b>	1533,45	1534,70	1533,57	1092,20	1523,01	1522,32
<b>Gasolina <sup>1</sup></b>	1494,51	1574,89	1688,14	1493,01	1751,37	1850,07
<b>Gasóleo/fuelóleo <sup>2</sup></b>	1234,79	1292,42	1333,43	1298,90	1436,52	1209,73
<b>Fuelóleo residual <sup>3</sup></b>	1869,15	1828,50	1446,08	1291,85	1446,11	1657,87
<b>Otros pr. Del petróleo</b>	2894,26	3049,73	3451,58	3409,24	3407,30	3528,98
<b>Gas natural (seco)</b>	1157,47	1111,02	1100,03	1094,71	1089,42	1089,42

<sup>1</sup> Incluye la mezcla de gasolina extra de los terminales de Pascuales y El Beaterio.

<sup>2</sup> Sol incluye fuel oil #4

<sup>3</sup> A partir de mayo del 2000 se produce residuo que reemplaza al fuel oil # 6. No incluye la producción de residuo de la Ref. Amazonas que se reinyectan al SOTE como "Crudo Reducido"

**Cuadro 7. Datos de Importaciones de Crudo y Derivados**

	AÑOS					
<b>COMBUSTIBLE, 10<sup>3</sup> Ton</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
<b>Diesel 1,2,P</b>	1624,76	1530,81	1875,83	2668,49	2069,86	2128,63
<b>GLP</b>	840,528596	804,71	790,94	815,16	843,57	705,59
<b>Nafta</b>	921,27	877,29	1109,70	1437,12	1492,41	1566,16
<b>Otros pr. Del petróleo</b>	506,21	576,60	364,91	509,83	578,34	408,27

**Cuadro 8. Exportaciones de Crudo y Derivados**

<b>COMBUSTIBLE, 10<sup>3</sup> Ton</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
<b>Petróleo Crudo</b>	16907,12	17356,33	16288,51	16957,01	16584,69	17645,22
<b>Gasolina 1</b>	0	0	0	1561,77	0	0
<b>Gasóleo/fuelóleo 4</b>	0	0	0	0	33,52	0
<b>Fuelóleo residual</b>	1800,47	1857,55	1485,75	1328,07	1446,283	1102,27
<b>Otros pr. Del petróleo<sup>1</sup></b>	120,94	0	0	29,971	0	0

<sup>1</sup> Se incluye Slop enviado para la industria en Colombia.

## 2.2. Factores de emisión

Un factor de emisión es una relación entre la cantidad de contaminante emitida al ambiente y una unidad de actividad, ya sea vehículos, volumen de combustibles, entre otros. Los factores de emisión, en general, se pueden clasificar en dos tipos: los basados en procesos y los basados en censos. Por lo general, los primeros se utilizan para estimar emisiones de fuentes puntuales y a menudo se combinan con los datos de actividad recopilados en encuestas o en balances de materiales.

En las Directrices del IPCC, los factores de emisión se calculan sobre la base del contenido de carbono del combustible. Es una buena práctica aplicar este método utilizando datos específicos del país, si es posible. Si no se dispone de datos a nivel local, se pueden utilizar los factores de emisión por defecto que se indican en las Directrices del IPCC. Para nuestro caso de estudio se tomó los valores por defecto, ya que existen varias terminales y su poder calórico cambia, sin embargo se comparó con datos de Petroecuador y la variación es mínima, para crudo 42.75 TJ/Ton y para el fuel oil 42.00 TJ/Ton.

**2.2.1. Factores de emisión de  $CO_2$ .** “Los factores de emisión (FE) de  $CO_2$  procedente de la quema de combustibles fósiles dependen del contenido de carbono del combustible. El contenido de carbono de un combustible es una propiedad química intrínseca (es decir, la fracción o masa de átomos de carbono en relación con el número total de átomos o masa) y no depende del proceso o las condiciones de combustión. El contenido de energía (es decir, el valor calorífico o de calentamiento) de los combustibles también es una propiedad química intrínseca. Sin embargo, los valores caloríficos varían de un tipo de combustible a otro y dentro de cada tipo, ya que dependen de la composición de los enlaces químicos del combustible. Los valores caloríficos netos (VCN) miden la cantidad de calor liberado por la combustión total de una unidad de volumen o masa de un combustible, suponiendo que el agua resultante de la combustión se convierte en vapor, y el calor del vapor no se recupera. En cambio, los valores caloríficos brutos se estiman suponiendo que ese vapor de agua se condensa por completo y el calor se recupera. Los datos por defecto que figuran en las Directrices del IPCC se basan en los VCN.” [13]

**2.2.2. Factores de emisión para diferentes gases del  $CO_2$ .** La determinación de los factores de emisión de  $CH_4$  y  $N_2O$  es una tarea más difícil puesto que para estos contaminantes se requieren factores de emisión basados en la tecnología, en lugar de factores de emisión por defecto agregados. Es conveniente calcular un factor de emisión para cada tipo de combustible y para

cada tipo de vehículo, de acuerdo con la variedad de tipos de motores que exista a nivel local y la distribución de las tecnologías de reducción de las emisiones que se encuentren instaladas. Al no contar con esta información se tomarán los valores por defecto que se mencionan en las Directrices del IPCC, y se indican a continuación:

**Cuadro 9. Factores de emisión por defecto CH<sub>4</sub>, kg/TJ**

		Coal <sup>(a)</sup>	Natural Gas	Oil	Wood/ Wood Waste	Charcoal	Other Biomass and Wastes <sup>(c)</sup>
Energy Industries		1	1	3	30 <sup>(b)</sup>	200 <sup>(b)</sup>	30
Manufacturing Industries and Construction		10	5	2	30	200	30
Transport	Aviation <sup>(d)</sup>			0.5			
	Road		50	Gasoline 20 <sup>(e)</sup>	Diesel 5		
	Railways	10		5			
	Navigation	10		5			

(a) Factor de emisión del lignito.

(b) Para la industria

(c) Incluida agricultura y estiércol

(d) Wiesen et al., 1994

(e) Los factores de emisión para los motores de 2 tiempos pueden ser tres veces superiores a las de los motores de 4 tiempos.

**Fuente:** IPCC, Directrices para la elaboración de inventarios, New York, 1996, p. 1.33

**Cuadro 10. Factores de emisión por defecto N<sub>2</sub>O, kg/TJ**

		Coal <sup>(a)</sup>	Natural Gas	Oil	Wood/ Wood Waste	Charcoal	Other Biomass and Wastes <sup>(c)</sup>
Energy Industries		1.4	0.1	0.6	4 <sup>(b)</sup>	4 <sup>(b)</sup>	4
Manufacturing Industries and Construction		1.4	0.1	0.6	4	4	4
Transport	Aviation			2			
	Road		0.1	Gasoline 0.6 <sup>(d)</sup>	Diesel 0.6		
	Railways	1.4		0.6			
	Navigation	1.4		0.6			

**Fuente:** IPCC, Directrices para la elaboración de inventarios, New York, 1996, p. 1.36

a) Factor de emisión del lignito.

(b) Para la industria

(c) Incluida agricultura y estiércol

(d) Cuando hay un número significativo de vehículos con catalizadores de 3 vías en el país, los factores de emisión de transporte por carretera deberían aumentarse en consecuencia. Factores de emisión de 2 - motores de dos tiempos pueden ser tres veces superiores a las de los motores de 4 tiempos.

**Cuadro 11. Factores de emisión por defecto NOx, kg/TJ**

		Coal	Natural Gas	Oil	Wood/ Wood Waste	Charcoal	Other Biomass and Wastes <sup>(b)</sup>
Energy Industries		300	150	200	100 <sup>(c)</sup>	100 <sup>(c)</sup>	100
Manufacturing Industries and Construction		300	150	200	100	100	100
Transport	Aviation		600	300			
	Road			Gasoline 600 Diesel 800 <sup>(d)</sup>			
	Railways	300		1200			
	Navigation	300		1500			

(a) Factor de emisión del lignito.

(b) Para la industria

(c) Incluida agricultura y estiércol

(d) Wiesen et al., 1994

(e) Los factores de emisión para los motores de 2 tiempos pueden ser tres veces superiores a las de los motores de 4 tiempos.

**Fuente:** IPCC, Directrices para la elaboración de inventarios, New York, 1996, p. 1.38

**Cuadro 12. Factores de emisión por defecto CO, kg/TJ**

		Coal	Natural Gas	Oil	Wood/ Wood Waste	Charcoal	Other Biomass and Wastes <sup>(a)</sup>
Energy Industries		20	20	15	1000 <sup>(b)</sup>	1000 <sup>(b)</sup>	1000
Manufacturing Industries and Construction		150	30	10	2000	4000	4000
Transport	Aviation <sup>(c)</sup>		400	100			
	Road			Gasoline 8000 <sup>(d)</sup> Diesel 1000			
	Railways	150		1000			
	Navigation	150		1000			

a) Factor de emisión del lignito.

(b) Para la industria

(c) Incluida agricultura y estiércol

(d) Cuando hay un número significativo de vehículos con catalizadores de 3 vías en el país, los factores de emisión de transporte por carretera deberían aumentarse en consecuencia. Factores de emisión de 2 - motores de dos tiempos pueden ser tres veces superiores a las de los motores de 4 tiempos.

**Fuente:** IPCC, Directrices para la elaboración de inventarios, New York, 1996, p. 1.40

**Cuadro 13. Factores de emisión por defecto, NMVOC kg/TJ**

		Coal	Natural Gas	Oil	Wood/ Wood Waste	Charcoal	Other Biomass and Wastes <sup>(a)</sup>
Energy Industries		5	5	5	50 <sup>(b)</sup>	100 <sup>(b)</sup>	50
Manufacturing Industries and Construction		20	5	5	50	100	50
Transport	Aviation <sup>(c)</sup>			50			
	Road			5			
				Gasoline 1500 <sup>(d)</sup>	Diesel 200		
	Railways	20		200			
	Navigation	20		200			

a) Factor de emisión del lignito.

(b) Para la industria

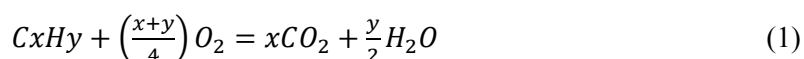
(c) Incluida agricultura y estiércol

(d) Cuando hay un número significativo de vehículos con catalizadores de 3 vías en el país, los factores de emisión de transporte por carretera deberían aumentarse en consecuencia. Factores de emisión de 2 - motores de dos tiempos pueden ser tres veces superiores a las de los motores de 4 tiempos.

**Fuente:** IPCC, Directrices para la elaboración de inventarios, New York, 1996, p. 1.42

### 2.3. Cálculos de las emisiones de gases de efecto invernadero

Las fuentes móviles, en este caso las del transporte, representan el mayor porcentaje de emisiones al ambiente, debido a la quema de combustibles fósiles. Los combustibles fósiles, son una mezcla de diferentes hidrocarburos, y en el momento que se realiza la combustión los productos generados son dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y vapor de agua (H<sub>2</sub>O).



A pesar de esto la combustión nunca es completa por la escasez de oxígeno o la mezcla oxígeno-aire, la baja temperatura cuando los motores inician su funcionamiento, los tiempos de residencia cortos de la mezcla en la cámara de combustión, son factores que influyen en la eficiencia de la reacción. Es por ello que además se generan otros subproductos tales como el monóxido de carbono (CO), metano que son parte de hidrocarburos sin oxidar o parcialmente oxidados. Debido a las altas temperaturas en la cámara de combustión cuando el motor alcanza su estabilidad térmica, se produce la combinación de N<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> formando los NO<sub>x</sub>. El azufre forma parte de las impurezas que contienen los combustibles fósiles, su oxidación produce la formación y la emisión de Dióxido de Azufre SO<sub>2</sub>. Además de GEI, hay emisión de partículas que se produce principalmente por la combustión el desgaste de los neumáticos, recubrimiento de frenos, superficies de rodaduras.

A partir de la identificación de GEI ocasionados por el sector transporte se presenta los cálculos de las emisiones basados en factores de emisión por defecto y de acuerdo a la metodología del IPCC [14].

**2.3.1. Cálculo de CO<sub>2</sub>.** “Las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la combustión de combustibles fósiles, a diferencia de otros gases de efecto invernadero, pueden ser calculadas con un grado de precisión aceptable a partir del cálculo de las cantidades de carbono contenido en los combustibles, mientras que el volumen del resto de emisiones depende de las tecnologías y de las condiciones de combustión.” [15]

Para el cálculo de emisiones del sector energía, se utilizará el método de referencia, el mismo que es similar al método del nivel 1 para el subsector transporte, con la diferencia que en el método de referencia se realiza un balance previo en el cual se obtiene el consumo aparente de combustibles (Balance entre entradas y salidas al país), mientras que el método del nivel 1 hace inca pie en el consumo de combustibles por determinado sector. Sin embargo los dos son semejantes ya que en los dos se refieren a las características de los combustibles y no a las tecnologías de su aprovechamiento.

**2.3.1.1. Cálculo del consumo aparente.** A la hora de contabilizar los combustibles suministrados es importante distinguir entre combustibles primarios (Aquellos que se encuentran en estado natural como el carbón, petróleo, GN), y los secundarios (gasolina, lubricantes).

La contabilización del carbono se basa principalmente en el suministro de combustibles primarios y en las cantidades netas de combustibles secundarios producidos en el país.

Para determinar el consumo aparente de combustible, se realiza un pequeño balance de masa, en donde, para cada combustible se suma las cifras de producción y las importaciones, restándose las exportaciones, los bunkers internacionales y los cambios en las existencias, con la siguiente ecuación:

$$\text{Consumo aparente}_{\text{combustible}} = \text{Producción}_{\text{combustible}} + \text{Importaciones}_{\text{combustible}} - \text{Exportaciones}_{\text{combustible}} - \text{Tanques internacionales}_{\text{combustible}} - \text{Cambio en las existencias}_{\text{combustible}} \quad (2)$$

En el cálculo principal deberá ignorarse la producción de combustibles secundarios, ya que el carbono de estos combustibles se contabiliza en los primarios porque son de aquí de donde se derivan.

$$C_{aparente} = 25431 + 0 - 16907 - 0 - 1258 \quad (3)$$

$$C_{aparente} = 7266 * 10^3 \text{ Ton de petróleo}$$

Para cálculos modelos se tomará de ejemplo los datos del 2007, en este caso se conoce la cantidad de crudo exportado en este año, Ecuador al ser un país petrolero no tendría sentido importar petróleo por lo que este valor ingresa como cero. Las exportaciones son restadas por ser salidas del país, las cantidades de combustible entregadas a bunker internacionales son cero porque estos funcionan con otro tipo de combustible. Y se restan los cambios en las existencias que se originan principalmente por perdidas en el transporte.

Una vez obtenido el consumo aparente, se debe expresar en unidades de energía, por conveniencia y en base a las unidades de los factores de emisión, este deberá expresar en TJ (Tera Julios). Para ello utilizamos el valor calórico neto, como el país no posee un valor calórico neto se toma el valor por defecto (Ver Cuadro 3), en caso de no existir se recomienda tomar el de un país semejante, para nuestro estudio se toma el valor por defecto para el Ecuador que se indica en el Manual de Referencia.

$$7266 * 10^3 \text{ Ton de petróleo} * \frac{42.45 \text{ TJ}}{10^3 \text{ ton}} = 308449 \text{ TJ}$$

**2.3.1.2. Cálculo del contenido de carbono.** El contenido de carbono del combustible puede variar considerablemente de un tipo a otro de combustible primario y dentro de cada tipo.

Tal es el caso que para el gas natural, el contenido de carbono depende de la composición del gas que, en estado entregado, principalmente es metano, pero puede incluir pequeñas cantidades de etano, propano, butano, CO<sub>2</sub> e hidrocarburos más pesados. El gas natural quemado en antorcha en la planta de producción suele ser húmedo, es decir, contener cantidades mucho más grandes de hidrocarburos no metano. En consecuencia, el contenido de carbono es diferente.

Para el petróleo crudo, el contenido de carbono puede variar según la composición del petróleo crudo. Para los productos secundarios del petróleo, el contenido de carbono para los productos ligeros refinados, como la gasolina, suele ser menor que para los productos más pesados como el fuelóleo residual.

“Para el carbón, el contenido de carbono por tonelada varía considerablemente según la composición. El que se relacione con el contenido de energía del combustible, la variabilidad

del contenido de carbono es pequeña cuando los datos de la actividad se expresan en unidades de energía”. [16]

En nuestro caso como se ha indicado se tomará valores por defecto por carencia de información. Además de acuerdo con reportes de Petroecuador los valores no difieren por mucho. (Ver Cuadro 4)

$$308449 \text{ TJ petroleo} * \frac{20 \text{ Ton C}}{\text{TJ}} = \mathbf{6168985 \text{ Ton C}}$$

Por recomendación de la metodología se debe expresar en Giga gramos (Gg), para ello se divide para mil y se sumarán los combustible líquidos, sólidos y gaseosos por separado.

$$6168985 \text{ Ton C} * \frac{1 \text{ Gg de C}}{1000 \text{ Ton C}} = \mathbf{6168,99}$$

**2.3.1.3. Cálculo del carbón excluido.** Es importante identificar la cantidad de combustible que no es quemado para no cometer una sobre estimación, los principales flujos de carbono conectados con el cálculo del carbono excluido son aquellos utilizados como alimentación a procesos, reductores o productos no energéticos.

Para el Ecuador para los años 2007, 2008 y 2009 se reportó que el uso del 10% de la nafta exportada se lo destina a las industrias del país, en cuanto a la asfalto la cantidad de asfalto quemada es insignificante y no se lleva un reporte desde el 2006. Por esta razón el carbono excluido solo para el caso de nafta.

Se multiplicará la cantidad de nafta por 0,10 y en una tabla auxiliar se calcula la cantidad de carbono emitida para ser restada del total de emisiones de carbono por cada tipo de combustible (líquido, solido, gaseoso o biomasa) y así obtener la emisión neta de carbono.

**2.3.1.4. Cálculo del carbono sin oxidar.** Una pequeña parte del carbono del combustible que ingresa en la combustión escapa de la oxidación, pero la mayor parte de este carbono luego se oxida en la atmósfera. Se supone que el carbono que permanece sin oxidar (p. ej., como hollín o ceniza) se guarda en forma indefinida. A los fines del Método de referencia, a menos que esté disponible la información específica del país, debe usarse un valor por defecto (Ver Cuadro 5).

$$\text{Emisiones de Carbono} = 6168.99 \text{ Gg C} * 0,99$$

$$\text{Emisiones de Carbono} = \mathbf{6107.30 \text{ Gg}}$$

**2.3.1.5. Cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub>.** Al obtener las emisiones de carbono por medio de la siguiente relación podemos obtener las emisiones de CO<sub>2</sub>.



$$6107.30 \text{ Gg C} * \frac{44 \text{ gCO}_2}{12 \text{ g C}} = 22393 \text{ Gg de CO}_2$$

Como ya se indicó para el cálculo del subsector transporte, emisiones internacionales el proceso es similar, pero se lo realiza por separado y de acuerdo al combustible usado en cada tipo de transporte.

**2.3.2. Cálculo de emisiones de otros gases distintos del CO<sub>2</sub>.** Este método nos permite estimar las emisiones de GEI como el CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, CO y NMCOV empleando estadísticas energéticas y estimar emisiones de SO<sub>2</sub> sobre la hipótesis de que son función del contenido de azufre de los combustibles.

**2.3.2.1. Estimación de consumo anual de combustible por el sector en unidades de energía.** Como se indicó la determinación de emisiones de CO<sub>2</sub> para el sector transporte se basa en el uso de consumo de combustible por cada transporte y se sigue el mismo proceso descrito anteriormente. En este caso se toman los datos ya obtenidos de consumo de combustibles en TJ de la Hoja de Trabajo 1-2 (Ver Anexo L).

**2.3.2.2. Estimación de emisiones por cada tipo de gas en cada sector.** Se obtienen los factores de emisión para cada contaminante y para cada tipo de combustible y se multiplica por el consumo de combustible. (Cálculo modelo para el metano en transporte terrestre, 2007)

$$84634 \text{ TJ gasolina} * \frac{20 \text{ kg CH}_4}{\text{TJ gasolina}} = 1692682 \text{ kg CH}_4$$

$$82977 \text{ TJ gasolina} * \frac{5 \text{ kg CH}_4}{\text{TJ gasolina}} = 414885 \text{ kg CH}_4$$

Al sumar los dos combustibles

$$2107567 \text{ kg CH}_4 * \frac{1 \text{ Gg CH}_4}{10^6 \text{ kg CH}_4} = 2,11 \text{ Gg CH}_4$$

**2.3.2.3. Cálculo de SO<sub>2</sub>.** Para la estimación de emisiones de SO<sub>2</sub> se entiende que estas guardan relación con la composición de los combustibles más no con la tecnología de combustión.

Primeramente se deben obtener las cantidades de combustibles consumidas en el sector en unidades de energía al igual que en casos anteriores las emisiones internacionales generadas por combustible pertenecientes del país se contabilizan y reportan por separado.

Para el caso de emisiones de CO<sub>2</sub> no se cuenta con valores por defecto, por lo que se tomó los datos oficiales de la refinería de Shushufindi en donde solo se reportaban los porcentajes de azufre en los combustibles para los años de referencia. (Ver Anexos N).

No se cuenta con la tecnología suficiente para la estimación de la reducción de emisiones. En el caso de la retención de azufre en las cenizas, no hay un reporte mensual en casual y la refinería no realiza este ensayo.

Para todos los combustibles excepto el GN, el factor de emisión se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$FE = 2 * \frac{\% \text{Azufre}}{100} * \frac{1}{VCN} \frac{TJ}{10^3 \text{ Ton}} * 10^6 * \left( \frac{100 - \% \text{Retenido de azufre}}{100} \right) \left( \frac{100 - \text{Eficiencia reducciones}}{100} \right) \quad (4)$$

En el caso del Ecuador el gas natural no se reconsideró por la falta de información y solo se reportó el contenido de azufre en los combustibles usados para el sector transporte. A continuación se expone un ejemplo de cálculo en donde es evidente que los datos faltantes no influyen en la obtención del Factor de Emisión, y que la principal influencia de este factor radica en la cantidad de azufre en cada combustible.

$$FE = 2 * \frac{0,06084}{100} * \frac{1}{43,33} \frac{TJ}{10^3 \text{ Ton}} * 10^6 * \left( \frac{100 - 0}{100} \right) * \left( \frac{100 - 0}{100} \right)$$

$$FE = 280.82 \frac{kg}{TJ}$$

### 3. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

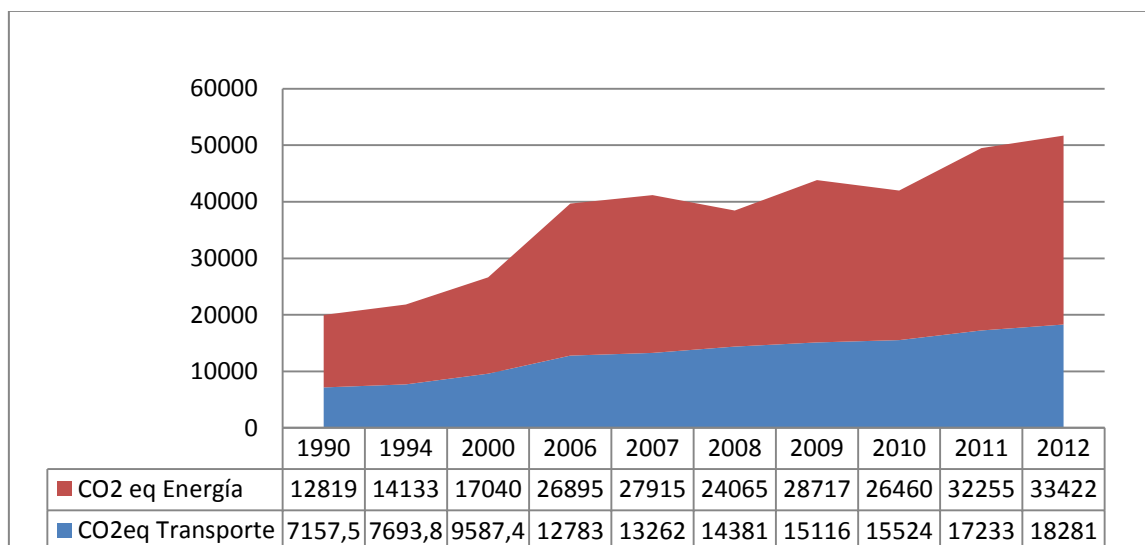
El sector energía involucra al sub sector transporte, por lo que es importante hacer una estimación de emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector energía, para conocer el aporte del transporte dentro de este sector e identificar su evolución en los últimos años. Tomando en cuenta que es el gas más importante a nivel de efecto invernadero.

#### 3.1. Emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector energía.

A continuación se presenta la evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector energía, se contabilizará como emisiones nacionales las generadas por el consumo de combustibles y la cantidad de biomasa utilizada para generar energía. Las emisiones internacionales no se suman pero si se reporta, ya que son las utilizadas en transporte internacional.

Al referirnos a las emisiones nacionales se observa en el Gráfico 1 una tendencia al incremento con ciertas disminuciones en los años 2008 y 2010. Tal es el caso de las emisiones en el año 2007, en donde tenemos un incremento de emisiones respecto al 2006 que estuvieron alrededor de 26000 Gg de CO<sub>2</sub> [17], a pesar que el 2007 hubo menor producción de petróleo, el procesamiento de crudo fue mayor para obtener derivados, por lo tanto se destinó mayor cantidad de combustible para su consumo.

**Gráfico 1. Emisiones de CO<sub>2</sub>, Gg CO<sub>2</sub> eq**



La disminución de producción para el año 2008 se originó por conflictos entre las compañías estatales, en este año la compañía Oxidental OXY deja de operar su bloque 15 y es operado por Petroproducción[18]. Además paros de las poblaciones de Dayuma (Provincia de Orellana) ante la falta de infraestructura vial, ocasionaron el cierre de la estación Auca Sur, Centro de generación de Energía Eléctrica y del Sistema Power Oil de extracción de crudo, lo que ocasionó una caída la dificultad de procesamiento de crudo en las refinerías, en los primeros meses del año. Pese a estos conflictos el 26 de noviembre, la marina y el ejército toman el control en los campos neutralizando los conflictos, a finales de año se procesa más crudo para abastecer la demanda.

Además la crisis internacional financiera de 2008 se desató de manera directa debido al colapso de la burbuja inmobiliaria en Estados Unidos en el año 2006, que provocó aproximadamente en octubre de 2007 la llamada crisis de las hipotecas subprime. Las repercusiones de la crisis hipotecaria comenzaron a manifestarse de manera extremadamente grave desde inicios de 2008, contagiándose primero al sistema financiero estadounidense, y después al internacional, teniendo como consecuencia una profunda crisis de liquidez, y causando, indirectamente, otros fenómenos económicos, como una crisis alimentaria global, diferentes derrumbes bursátiles y, en conjunto, una crisis económica a escala internacional.

**Cuadro 14. Evolución de Emisiones de CO<sub>2</sub>, en el Sector Energía**

<b>SECTOR ENERGÍA</b>						
<b>Años</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
<b>Gg de CO<sub>2</sub>, Sector</b>	27 871,50	24 024,30	28 673,78	26 413,41	32 200,04	33 375,47
<b>Gd de CO<sub>2</sub> Biomasa</b>	43,18	41,11694	42,73541	46,49341	54,90943	46,5013
<b>Gg de CO<sub>2</sub> Internacional</b>	3 557,51	3 679,23	3 527,29	3 214,21	3 329,56	3 155,37
<b>Gg de CO<sub>2</sub> Totales en el sector energía</b>	31 472,18	27 744,64	32 243,81	29 674,12	35 584,52	36 577,35
<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>27 914,67</b>	<b>24 065,41</b>	<b>28 716,51</b>	<b>26 459,91</b>	<b>32 254,95</b>	<b>33 421,97</b>

Los años 2009 y 2010 fueron periodos de restructuración tanto en la gestión de la industria petrolera como en la administración de las finanzas públicas. En este período se reformó la ley (Ley No. 99, Ley para reforma de las finanzas públicas) que norma el sector tanto en el sector privado como en el sector público. En este período la producción anual de crudo fue similar con respecto al 2008, sin embargo esta disminuyó en el años 2009 con un 1,02% y en el 2010 en igual proporción. Esta reducción se debió, principalmente a la disminución de las inversiones por las empresas privadas, ya que la empresa estatal atravesaba cambios, entre ellos, el más sustancia en el 2009 la Armada Nacional toma el mando en la administración por decreto

presidencial debido a la baja producción registrada y por decreto presidencial el 16 de octubre Petroecuador deja de existir, transfiriendo su patrimonio a la o las nuevas empresas públicas que se creen.

Tales acontecimientos llevan a un aumento de emisiones en el 2009, por que las exportaciones de crudo disminuyeron, e incrementaron las importaciones de derivados, incrementando la capacidad de procesamiento en las refinerías principalmente en Esmeraldas para atender a una alta demanda de combustibles. Para el 2010, las emisiones disminuyen, debido a que en este año la producción es menor y sobre todo existe más exportaciones de derivados en este año es el único en el que se registra exportaciones de gasolina que se destinaron a países vecinos como Venezuela y Colombia que se encontraba en conflictos políticos y escasez de combustibles.

Pese a los cambios experimentados en 2010, el movimiento petrolero nacional en 2011 no sufrió variaciones considerables. En efecto, la producción de crudo en 2011 fue de 182 millones de barriles, superior en aproximadamente 5 millones a la registrada en 2010 (3% mayor), el incremento se debe a la producción de las empresas públicas, ya que las privadas reducen su participación en un 12% con respecto al 2010, por la nueva reforma implementada y raíz de la renegociación muchas empresas deciden abandonar el país y EP Petroecuador para entonces toma el control de los sectores donde estas trabajaban. Con ello se justifica un incremento de las emisiones de CO<sub>2</sub>, ya que alta producción, baja exportación menor que el año anterior y mayores importaciones de derivados hacen que el consumo de combustibles en el país incremente, además este año es el de mayor demanda de combustibles por el tamaño del parque automotor que se estudiará posteriormente.

La tendencia de producción de petróleo incrementó aún más en el 2012, sin superar un pico de producción el más alto del país en el 2006. La producción para el 2012 incremento favorablemente para el país, con ello las exportaciones de crudo y derivados incrementaron, al igual que las importaciones de derivados. El atender una alta demanda de combustibles, ocasionó una mayor capacidad de procesamiento de crudo en comparación a otros años, además se da prioridad a la inversión para equipos de tratamiento en la refinería que se espera entren en operación.

La principal fuente de consumo es el transporte, de otra forma, el incremento de emisiones se puede justificar con la demanda de energía en el país; la generación de energía se ha originado por un incremento de producción en todas las fuentes desde las renovables hasta las no renovables. Aquí en problema, pues las termoeléctricas, según el reporte del CONELES, han incrementado su potencia de generación en un 5 a 6%, lo que implica un alto porcentaje de

quema de combustibles en este sector. A pesar que las hidroeléctricas también han mejorado su potencia de generación aún no es suficiente para atender la demanda. Sin embargo próximos proyectos apuntan a la generación de energía de fuentes limpias y energías renovables que disminuyan las emisiones de CO<sub>2</sub> en este sector. Con ello el transporte será un alto ente emisor de GEI en donde se debe trabajar en medidas de eficiencia energética.

**Cuadro 15. Potencia Efectiva Nacional, MW**

Potencia efectiva nacional (MW)									
Año	Renovable				No Renovable			Total	Variación (%)
	Hidráulica	Solar	Eólica	Térmica Turbo-vapor*	MCI	Turbo-gas	Turbo-vapor		
1999	1,702.9	-	-	-	275.2	769.3	473.0	3,220.4	
2000	1,702.8	-	-	-	261.4	769.3	473.0	3,206.5	-0.42%
2001	1,725.6	-	-	-	259.6	637.3	473.0	3,095.5	-3.18%
2002	1,733.4	-	-	-	315.5	771.3	473.0	3,293.2	6.06%
2003	1,733.5	-	-	-	366.5	762.0	503.0	3,365.0	1.97%
2004	1,732.5	-	-	28.0	353.5	766.0	442.0	3,322.0	-0.46%
2005	1,749.9	0.02	-	55.6	479.6	752.5	443.0	3,480.6	4.12%
2006	1,785.8	0.02	-	63.3	714.4	753.5	443.0	3,760.0	8.33%
2007	2,030.4	0.02	2.4	63.3	849.0	752.5	443.0	4,140.6	10.02%
2008	2,032.5	0.02	2.4	94.5	850.7	756.2	443.0	4,179.4	0.95%
2009	2,029.7	0.02	2.4	94.5	926.6	896.2	443.0	4,392.4	5.45%
2010	2,215.2	0.02	2.4	93.4	1,102.5	897.5	454.0	4,765.0	7.84%
2011	2,207.2	0.04	2.4	93.4	1,184.8	897.5	454.0	4,839.3	3.90%
2012	2,245.6	0.08	2.4	93.4	1,348.6	973.9	454.2	5,118.2	3.90%

Nota: \* Se refiere a las centrales de las empresas azucareras que utilizan como combustible Bagazo de Caña

\*\* Actualizado a diciembre 2012

- La potencia efectiva de la Interconexión con Colombia es 525,0 MW y con Perú 110,0 MW

### 3.2. Inventario de GEI sector transporte. Año 2007

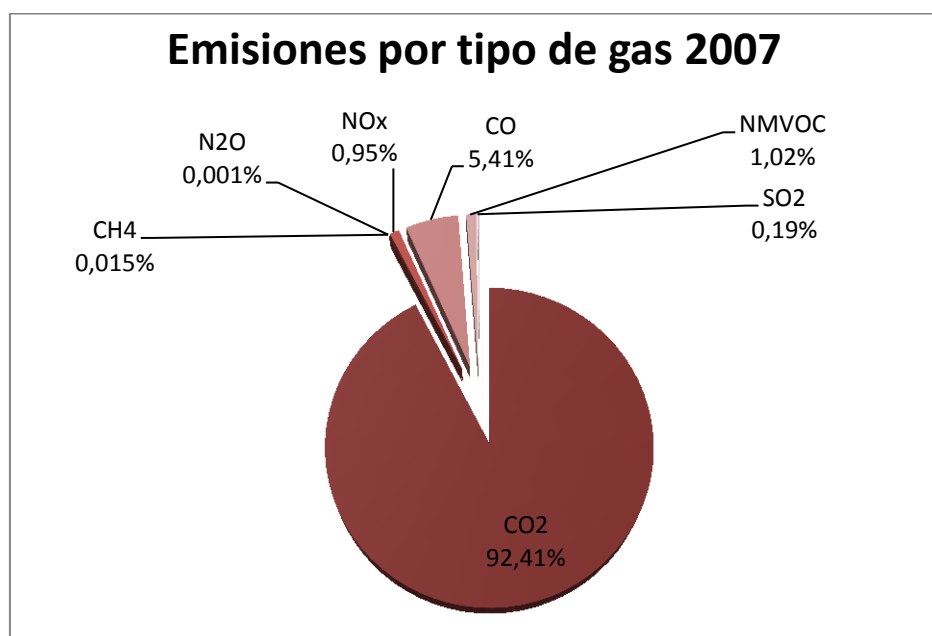
A continuación se muestra las emisiones de GEI ocasionadas por el sector transporte en el 2007. El detalle de tales emisiones se observa en el Anexo L.

**3.2.1. Resumen de Resultados.** Las emisiones del 2007 fueron 27 871,50 Gg de CO<sub>2</sub>, a nivel internacional 3557,51 Gg de CO<sub>2</sub> y las emisiones generadas por la biomasa fueron de 43,16 Gg de CO<sub>2</sub>. El transporte terrestre es el principal generador de emisiones de GEI. Se reporta un total de emisiones de CO<sub>2</sub> de 33473,66 Gg de CO<sub>2</sub>.

**Cuadro 16. Resumen de emisiones 2007**

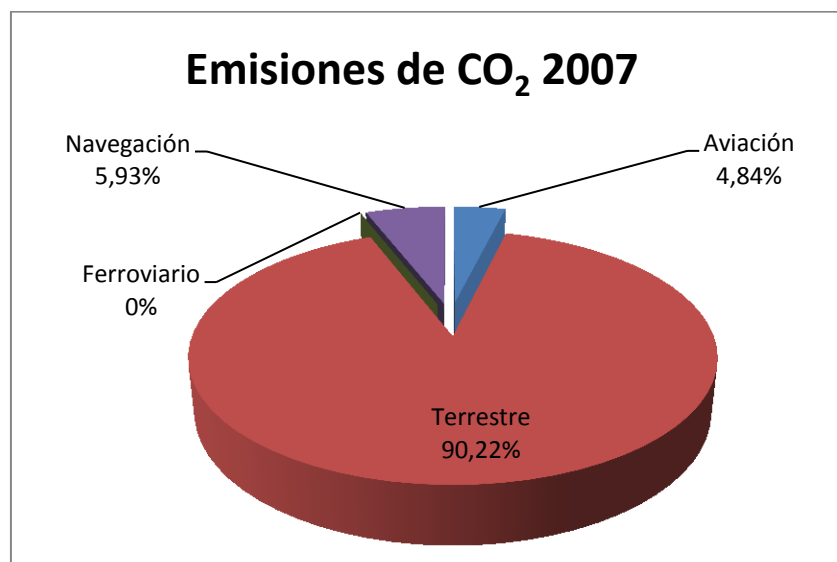
INVENTARIO 2007, Gg							
TOTAL SECTOR ENERGÍA	27,871.50	Biomasa					43.18
International Bunkers	3,557.51						
SECTORAL REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES (Gg)							
GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	NM VOC	SO <sub>2</sub>
Transport	13,179.32	2.17	0.12	135.56	771.60	146.07	26.42
a Civil Aviation	506.51	0.004	0.01	2.15	0.72	0.36	n/a
b Road Transportation	11,890.88	2.11	0.10	117.16	760.05	143.55	n/a
c Railways	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	n/a
d Navigation	781.93	0.05	0.01	16.26	10.84	2.17	n/a
SECTORAL REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES (Gg)							
GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	NM VOC	SO <sub>2</sub>
International Bunkers	3,557.51	0.14	0.06	44.97	27.70	6.22	9.46
Aviation	1,613.45	0.13	0.05	6.84	2.28	1.14	0.83
Marine	1,944.06	0.01	0.02	38.14	25.42	5.08	8.63
TOTAL DE EMISIONES EN EL TRANSPORTE	16,736.83	2.30	0.18	180.54	799.31	152.30	9.46

**3.2.2. Emisiones Por tipo de gas.** Como se comprobó anteriormente, el volumen de CO<sub>2</sub> es alto, con un 93,41%, esto es lo esperado por la combustión de los hidrocarburos, además se observa el otro gas de mayor importancia es el CO con un 5,41% originado por la combustión incompleta al igual que los NMVOC con un 1,02% y seguidos por los óxidos de nitrógeno con un 0,95%, el contenido de azufre en los combustibles manifestó un 0,19% de estas emisiones; en menores cantidades pero no menos importantes tenemos el metano con un 0,015% y finalizando con el óxido nitroso con un 0,001%.



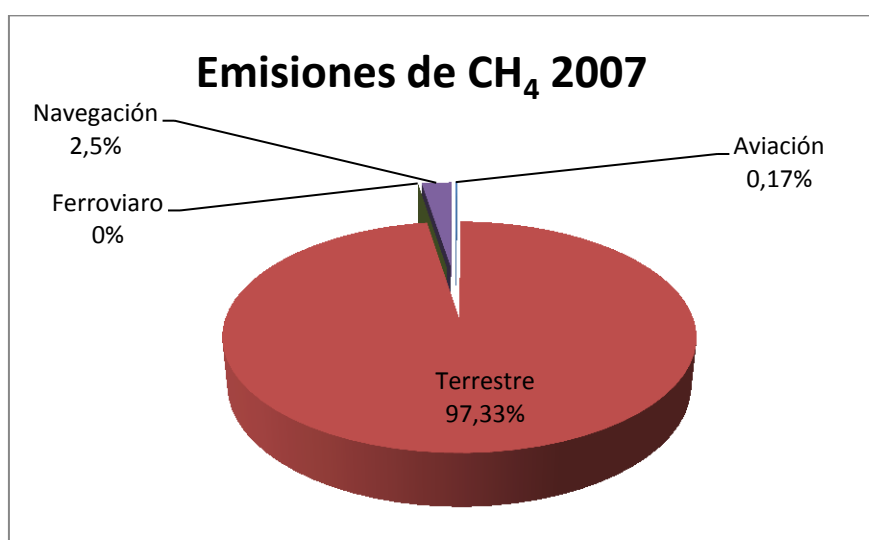
**Gráfico 2. Emisiones por tipo de gas 2007**

**3.2.3. Emisiones de CO<sub>2</sub>.** En el Gráfico 2, podemos observar claramente que el sector de mayor aporte a las emisiones de CO<sub>2</sub> es el terrestre con un 90,22% (11 890 Gg de CO<sub>2</sub>), seguidas por la navegación con un 5,93% (781,93 Gg de CO<sub>2</sub>), aviación con un 4,84% (506,51 Gg de CO<sub>2</sub>).



**Gráfico 3. Emisiones de CO<sub>2</sub> en el transporte 2007**

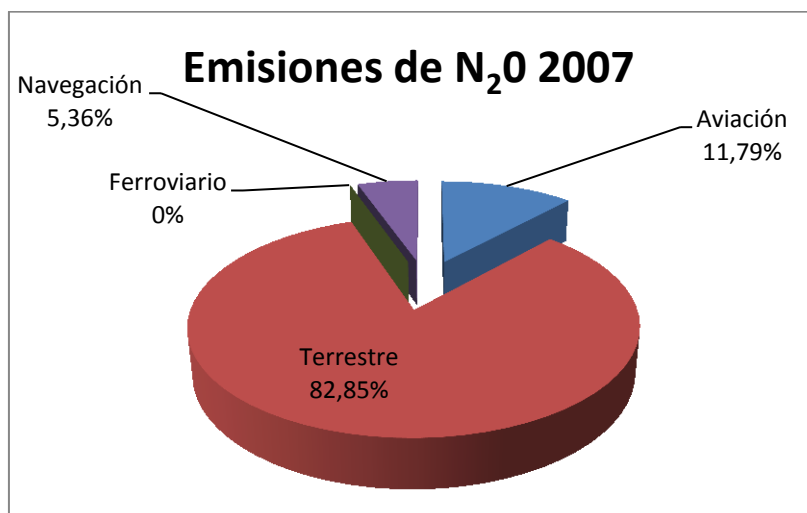
**3.2.4. Emisiones de CH<sub>4</sub>.** En cuanto a las emisiones de metano, en su mayoría el transporte terrestre es su principal fuente de emisión. Afectado por el crecimiento del parque automotor en el país (97,33%=2,11 Gg de CH<sub>4</sub>), seguida por la navegación con un 2,5 (0,05 Gg de CH<sub>4</sub>), aviación con un 0,17 (0,004 Gg de CH<sub>4</sub>).



**Gráfico 4. Emisiones de CH<sub>4</sub> en el transporte 2007**

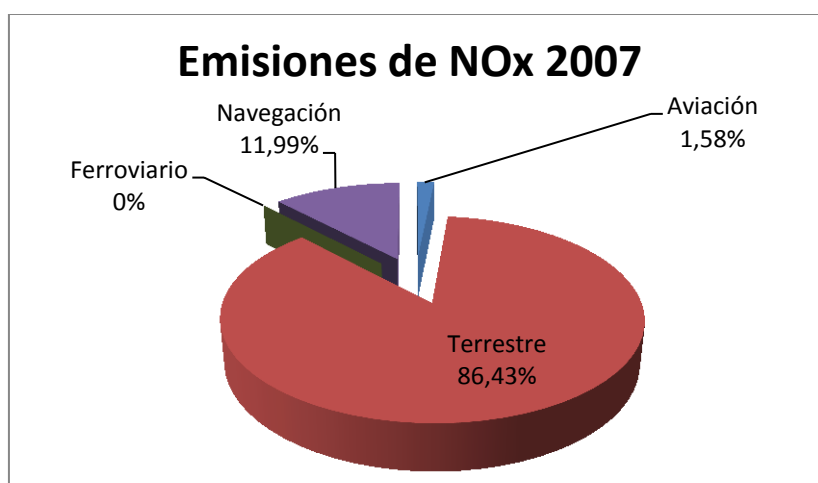


**3.2.5. Emisiones de  $N_2O$ .** La contribución de óxido nitroso es mínima a nivel global (0,12 Gg de  $N_2O$ ), sin embargo los resultados nos revelan que el 82,85% proviene del transporte terrestre principalmente por su tamaño, después tenemos la aviación con un 11,79% y finalmente la navegación con un 5,36%.



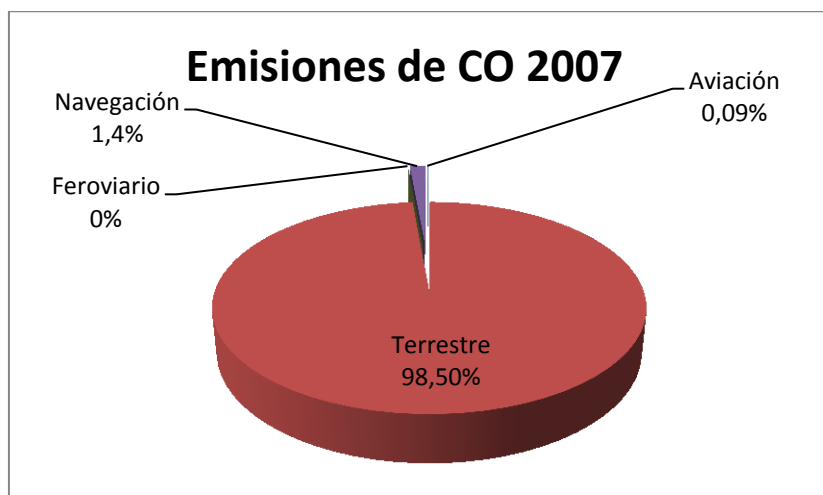
**Gráfico 5. Emisiones de  $N_2O$  en el transporte 2007**

**3.2.6. Emisiones de  $NO_x$ .** Los óxidos de nitrógeno se generan por la combustión del combustible con el aire. El transporte terrestre contribuyó con un 86,43%, de un total de 135,56 Gg de  $NO_x$ ; seguido por la navegación en un 11,99%, finalmente la aviación contribuye con un 1,58%. Esto se debe al bajo número de aviones nacionales y embarcaciones comparación con el número de vehículos.



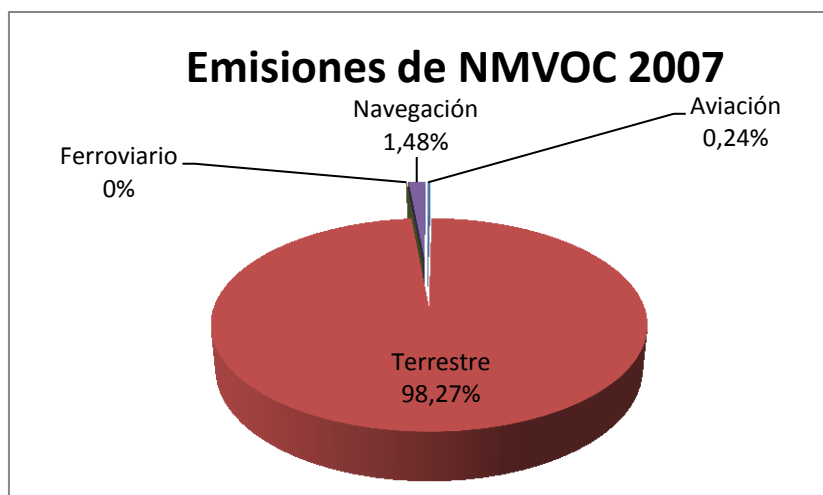
**Gráfico 6. Emisiones de  $NO_x$  en el transporte 2007**

**3.2.7. Emisiones de CO.** El CO es el segundo GEI de mayor volumen de emisiones en el Ecuador, con un volumen de 771,60 Gg de CO en el 2007. En donde el transporte terrestre contribuye con el 98,50%, el transporte aéreo con un 0,09%, la navegación con un 1,4%. Sin embargo el CO tiene mínimo forzamiento radiativo lo que implica pocos problemas en la capa de ozono.



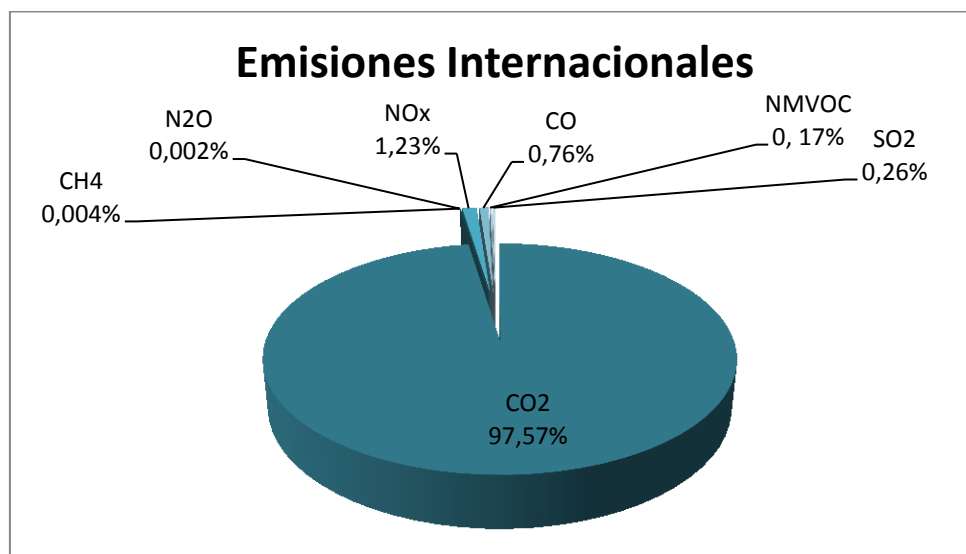
**Gráfico 7. Emisiones de CO en el transporte 2007**

**3.2.8. Emisiones de NMVOC.** Las emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles no metálicos (NMVOC) ocupan la tercera posición en cuanto a volumen de emisiones con 146,97 Gg de NMVOC. Para el 2007 el 98,27% de las emisiones provinieron del transporte terrestre, el 1,48% de la navegación y la aviación contribuyó con el 0,24%.



**Gráfico 8. Emisiones de NMVOC en el transporte 2007**

**3.2.9. Emisiones Internacionales por tipo de gas.** Para el 2007 consideramos como emisiones internacionales las generadas por barcos y aviones que realizaron viajes al exterior. El CO<sub>2</sub> es el de mayor volumen con 97,57%, seguido por los óxidos de nitrógeno con un 1,23% esta variación comparada con la de las emisiones nacionales se debe a la calidad de los combustibles usados, ya que para este tipo de transportes no se considera gasolina, diésel. En cantidades menores tenemos el CO con un 0,76%, SO<sub>2</sub> con un 0,26%, los NMVOC con un 0,17% y en cantidades muy bajas metano con un 0,004% seguida por el óxido de nitrógeno con un 0,002%.



**Gráfico 9. Emisiones internacionales 2007**

### **3.3. Inventario de GEI en el sector transporte. Año 2008**

A continuación se muestra la evolución de las emisiones del año 2008. El detalle se los presenta en el Anexo L.

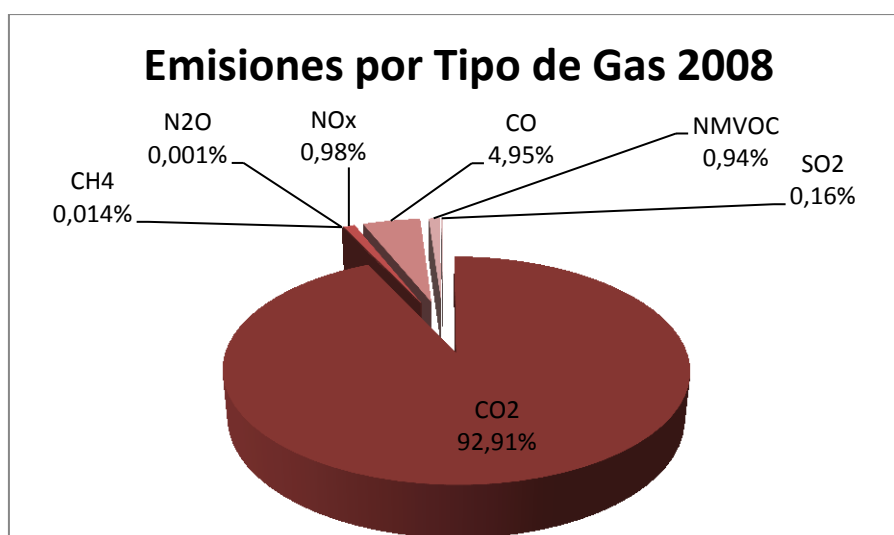
**3.3.1. Resumen de Resultados.** Para el 2008 las emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector energía fueron de 24 024, 30 Gg de CO<sub>2</sub>, más 41,12 Gg de CO<sub>2</sub>, emitidos por biomasa utilizada para la generación de electricidad y 3,679,23 Gg de CO<sub>2</sub> emitidos internacionalmente. Dentro de esto el sector transporte emitió el 51% y el transporte terrestre fue el principal emisor con un 90,04% seguido por el marítimo con 7,15 y el aéreo con 2,81%.

**Cuadro 17. Resumen de emisiones 2008**

INVENTARIO 2008							
TOTAL SECTOR ENERGÍA	24,024.30	Biomasa					41.12
International Bunkers	3,679.23						
SECTORAL REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES (Gg)							
GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	NM VOC	SO <sub>2</sub>
Transport	14,295.28	2.19	0.13	151.30	761.91	144.46	24.53
a Civil Aviation	401.88	0.00	0.01	1.70	0.57	0.28	n/a
b Road Transportation	12,871.83	2.12	0.11	128.40	747.21	141.35	n/a
c Railways	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	n/a
d Navigation	1,021.56	0.07	0.01	21.19	14.13	2.83	n/a
SECTORAL REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES (Gg)							
GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	NM VOC	SO <sub>2</sub>
International Bunkers	3,679.23	0.14	0.06	45.51	27.89	6.31	9.52
Aviation	1,734.38	0.01	0.05	7.35	2.45	1.23	0.89
Marine	1,944.85	0.13	0.02	38.15	25.44	5.09	8.64
TOTAL DE EMISIONES EN EL TRANSPORTE	17,974.51	2.33	0.19	196.80	789.79	150.77	9.52

**3.3.2. Emisiones por Tipo de Gas 2008.** Para el año 2008 al igual que en el año 2007, las emisiones fueron generadas principalmente por el transporte terrestre.

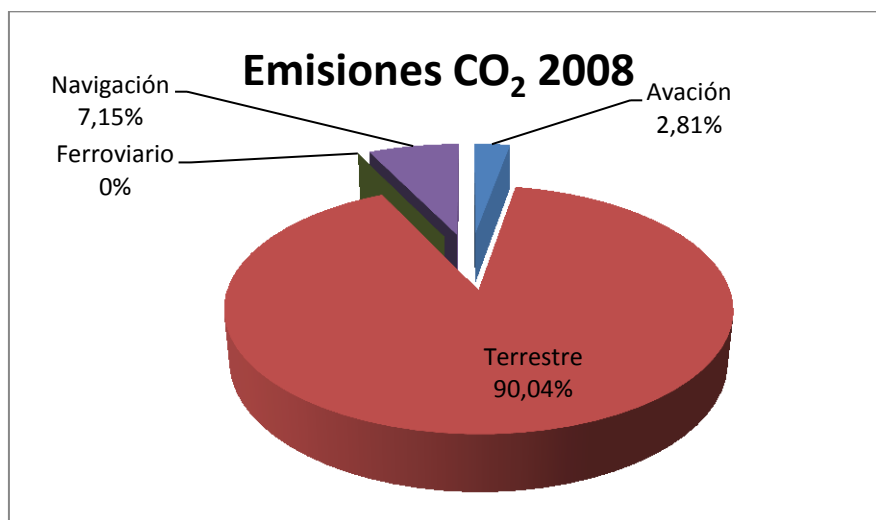
El CO<sub>2</sub> ocupa el mayor volumen con un 92,91%, cantidad esperada por la combustión que se genera en el transporte para el funcionamiento de motores. El segundo gas de importancia es el CO con un 4,95% generado por la combustión incompleta, como otro subproducto de la combustión tenemos los óxidos de nitrógeno con un 0,98%, el SO<sub>2</sub> contribuyó con un 0,16% en este año la calidad de los combustibles en cuanto azufre mejoró (Para la gasolina 0,061%). En menor proporción tenemos metano con un 0,014% y el óxido nitroso con un 0,001%.



**Gráfico 10. Emisiones por tipo de gas 2008**

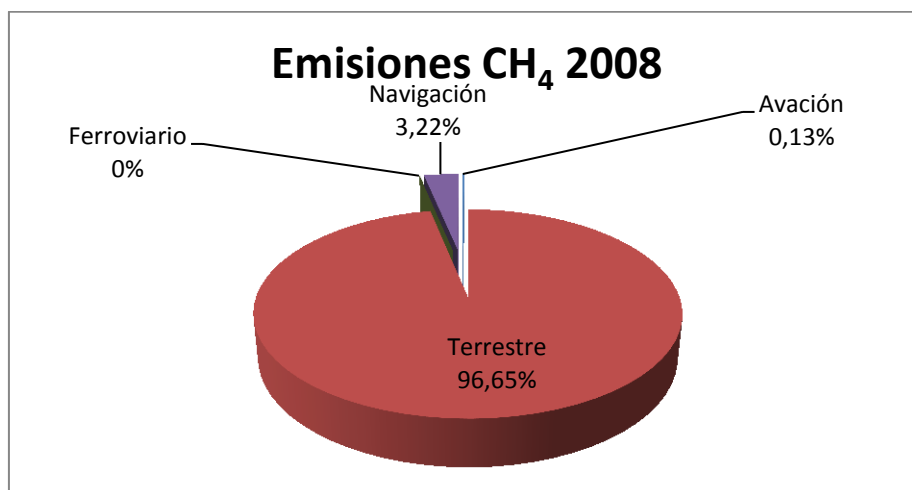
**3.3.3. Emisiones de CO<sub>2</sub>.** Como se observó anteriormente el volumen de CO<sub>2</sub> es de mayor importancia con 14295 Gg de CO<sub>2</sub>. El transporte terrestre contribuyó con un 92,91%, debido al

gran parque automotor del país que incrementó en 82 558 unidades matriculadas (ANT, Informe Anual, 2008). Seguido tenemos las emisiones generadas por la navegación con un 7,15% y terminando con la aviación con un 2,81%.



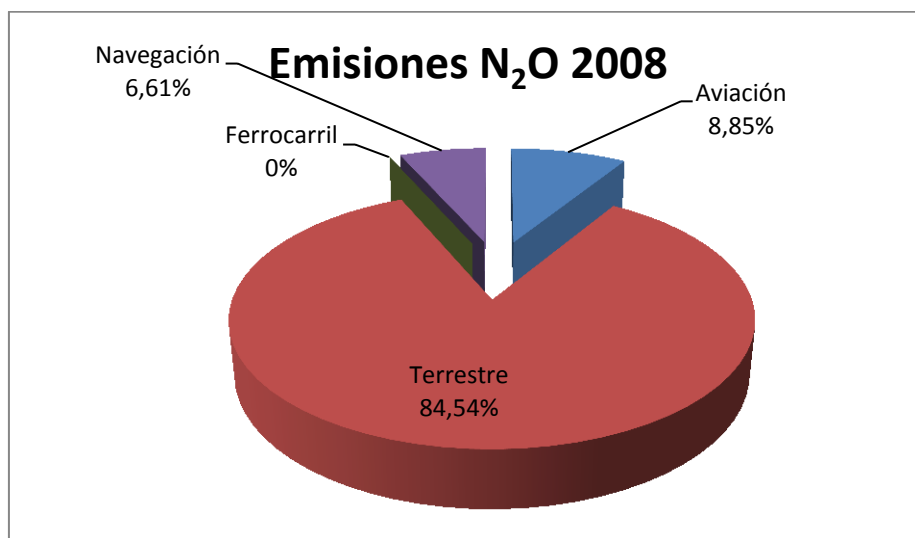
**Gráfico 11. Emisiones de CO2 2008**

**3.3.4. Emisiones de CH<sub>4</sub>.** El transporte terrestre emitió 96,65% de metano de un total de 2,19 Gg de CH<sub>4</sub>. Seguido por la navegación con un 3,22% y finalmente la aviación con un 0,13%.



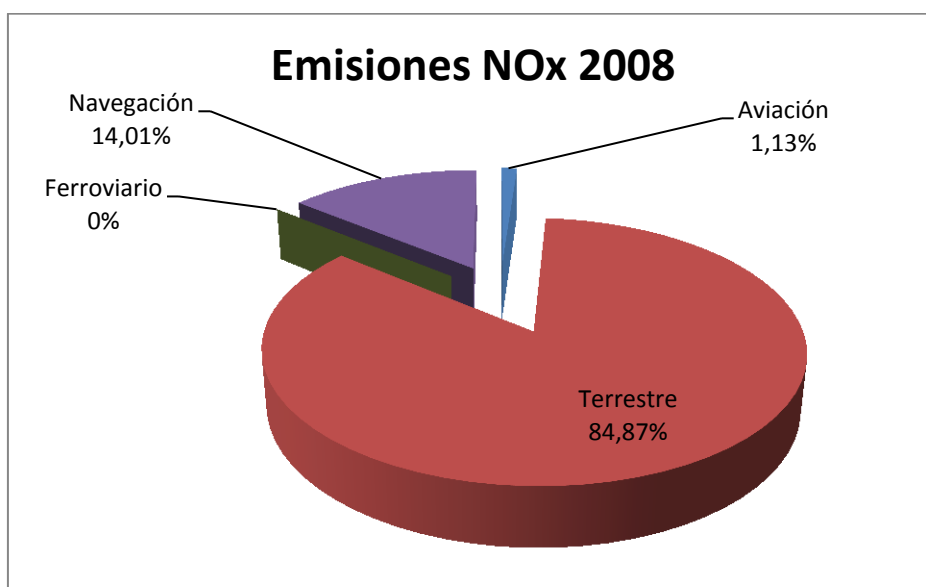
**Gráfico 12. Emisiones de CH<sub>4</sub> en el transporte 2008**

**3.3.5. Emisiones de N<sub>2</sub>O.** En cuanto a emisiones de óxido nítrico, el transporte terrestre emitió el 84,54% de un total de 0,13 Gg de N<sub>2</sub>O. Por aviación tenemos un 8,85% debido a la calidad de los combustibles destinados para la aviación (Jet fuel). Finalmente y con poca variación tenemos la navegación con un 6,61%.



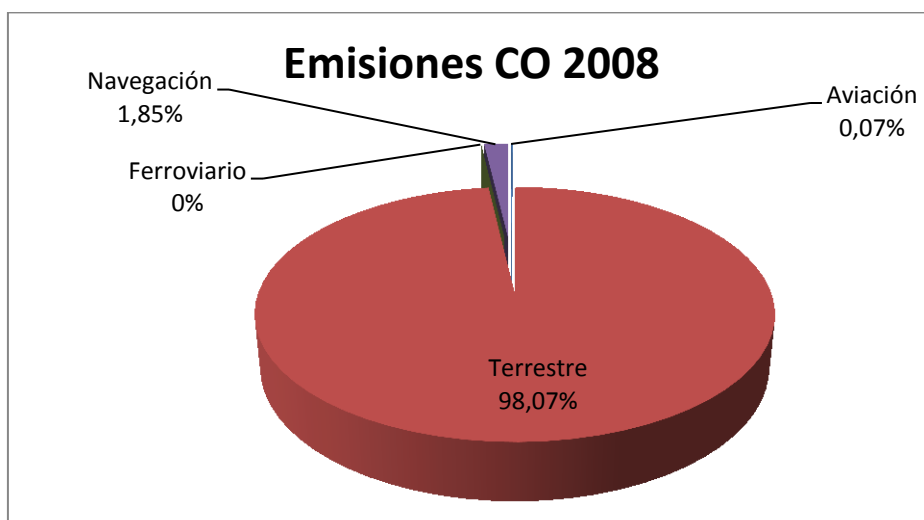
**Gráfico 13. Emisiones de N<sub>2</sub>O en el transporte 2008**

**3.3.6. Emisiones de NO<sub>x</sub>.** En el 2008 las emisiones de Óxidos de nitrógeno fueron de 151,30 Gg de NO<sub>x</sub>, de los cuales 84,87% correspondieron al transporte terrestre, mientras que la navegación emitió 14,02% y la aviación 1,13%.



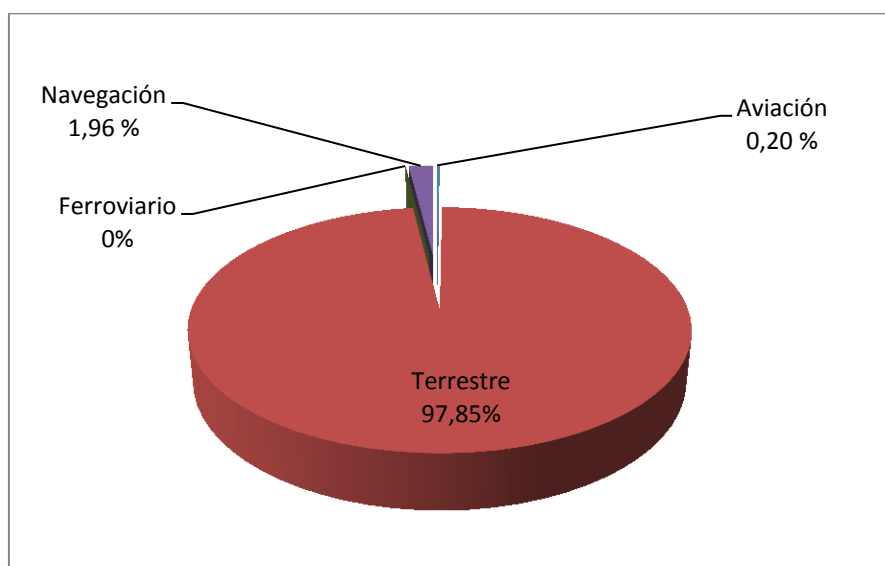
**Gráfico 14. Emisiones de NO<sub>x</sub> en el transporte 2008**

**3.3.7. Emisiones de CO.** El segundo gas de mayor importancia en el 2008, alcanzó 731,91 Gg de CO, en donde el transporte terrestre ocupa el 98,07%, la navegación un 1,85% y la aviación 0,07%.



**Gráfico 15. Emisiones de CO en el transporte 2008**

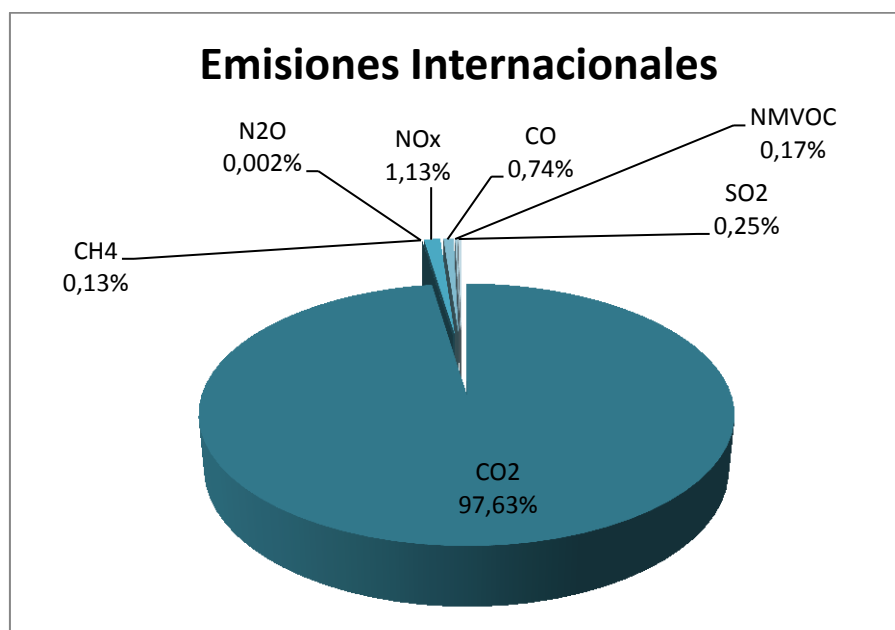
**3.3.8. Emisiones de NMVOC.** Durante el 2008, el sector transporte en el país emitió 144,46 Gg de NMVOC, con una distribución en su mayoría por el transporte terrestre con 97,85%, por la navegación se tuvo un 1,96% y con la aviación apenas un 0,20%.



**Gráfico 16. Emisiones de NMVOC en el transporte 2008**

**3.3.9. Emisiones Internacionales por tipo de gas.** Las emisiones internacionales fueron generadas en su mayoría por la navegación, en donde el 97,63% corresponden a CO<sub>2</sub>, seguidos por óxidos de nitrógeno con un 1,13%, además se emitió 0,74% de CO, 0,25% de SO<sub>2</sub>, el 0,27

corresponde a NMVOC, seguido por 0,13 de metano y en porciones bajas óxido nitroso con 0,002%.



**Gráfico 17. Emisiones internacionales 2008**

### **3.4. Inventario de GEI en el sector transporte. Año 2009**

A continuación se muestra la evolución de las emisiones del año 2009. El detalle de los cálculos se los presenta en el Anexo L.

**3.4.1. Resumen de resultados.** Las emisiones totales en el sector energía fueron de 28673,78 Gg de CO<sub>2</sub>, más 42,74 Gg de CO<sub>2</sub> emitidos por la quema de biomasa en su totalidad proveniente de caña de azúcar, y considerando también las emisiones internacionales que llegaron a 3527,29 Gg de CO<sub>2</sub>. El transporte contribuyó con un porcentaje de 53,82%, sufriendo así un ligero incremento con respecto al año anterior que se justifica ante la demanda de combustibles sufrida en este año.



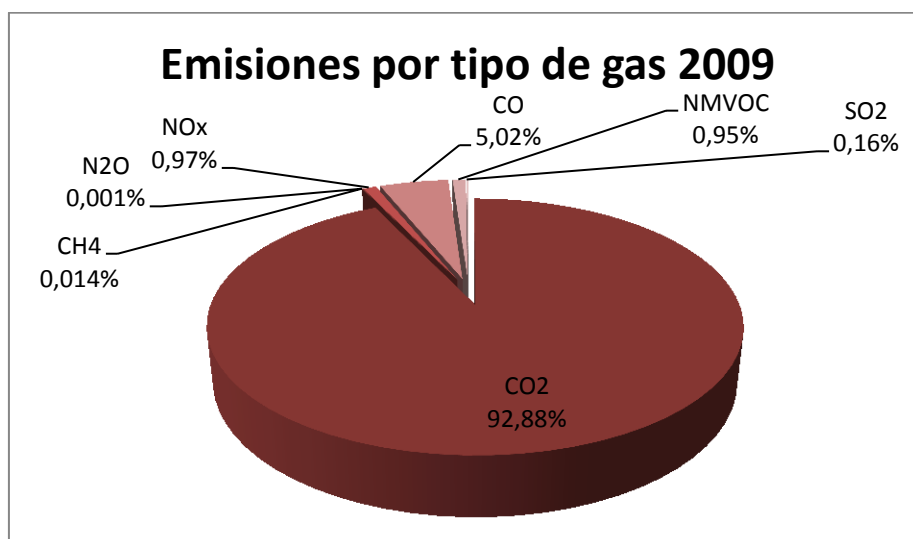
**Cuadro 18. Resumen de resultados 2009**

INVENTARIO 2009			
TOTAL SECTOR ENERGÍA	28,673.78	Biomasa	42.74
International Bunkers	3,527.29		

SECTORAL REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES (Gg)							
GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	NM VOC	SO <sub>2</sub>
Transport	15,024.82	2.33	0.14	157.14	812.62	154.04	25.45
a Civil Aviation	480.12	0.00	0.01	1.95	0.65	0.33	n/a
b Road Transportation	13,620.73	2.257	0.11	135.40	798.77	151.07	n/a
c Railways	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	n/a
d Navigation	943.97	0.07	0.01	19.79	13.19	2.64	n/a

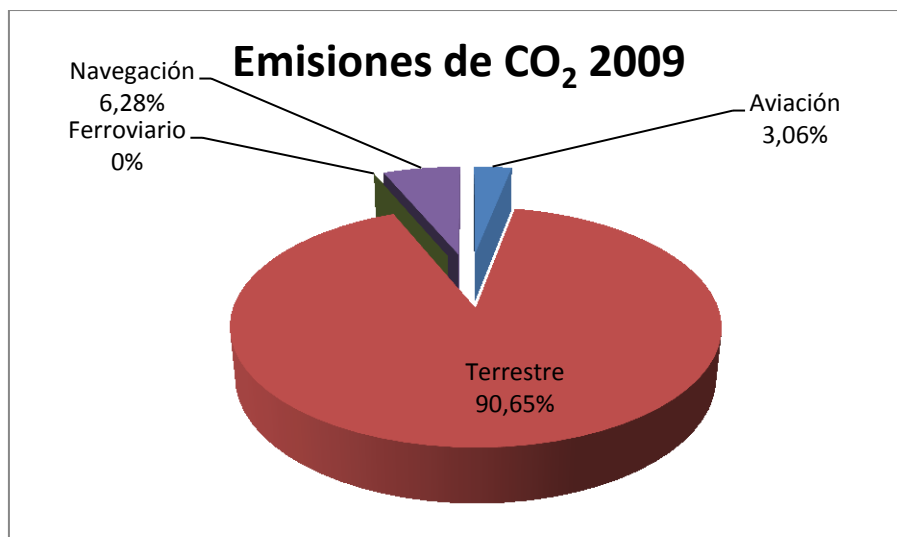
SECTORAL REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES (Gg)							
GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	NM VOC	SO <sub>2</sub>
Memo Items <sup>(1)</sup>							
International Bunkers	3,527.29	0.14	0.06	44.84	27.65	6.20	9.44
Aviation	1,584.27	0.01	0.04	6.71	2.24	1.12	0.81
Marine	1,943.02	0.13	0.02	38.12	25.42	5.08	8.63
TOTAL DE EMISIONES EN EL TRANSPORTE	18,552.11	2.46	0.20	201.98	840.27	160.24	9.44

**3.4.2. Emisiones por Tipo de Gas 2009.** El transporte terrestre, es el principal emisor. El CO<sub>2</sub> es el principal GEI generado con un 92,88%. En segundo lugar tenemos CO con un 5,02 % generado por la combustión incompleta, como otro subproducto de la combustión tenemos los óxidos de nitrógeno con un 0,97%, el SO<sub>2</sub> con 0,16%, similar al años anterior, a pesar que la calidad del combustible es mejor, el consumo de estos es mayor. En porciones pequeñas tenemos metano con un 0,014% y el óxido nitroso con un 0,001%.



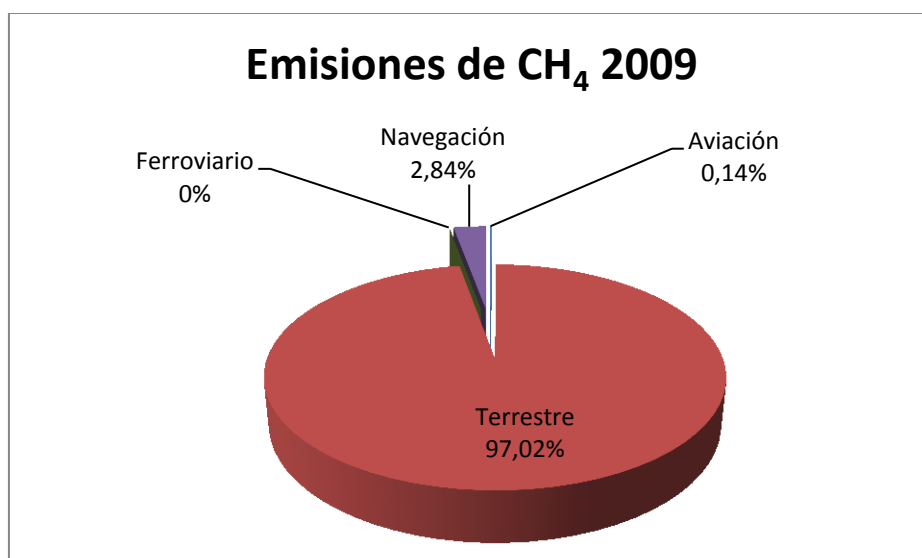
**Gráfico 18. Emisiones por tipo de gas 2009**

**3.4.3. Emisiones de  $CO_2$ .** En cuanto a emisiones de dióxido de carbono, el gas de mayor importancia por su alta cantidad alrededor de 15024,82 Gg de  $CO_2$  para el 2009. El 90,65% fue emitido por el transporte terrestre, el 6,28% por la navegación y el 3,06% por la aviación.



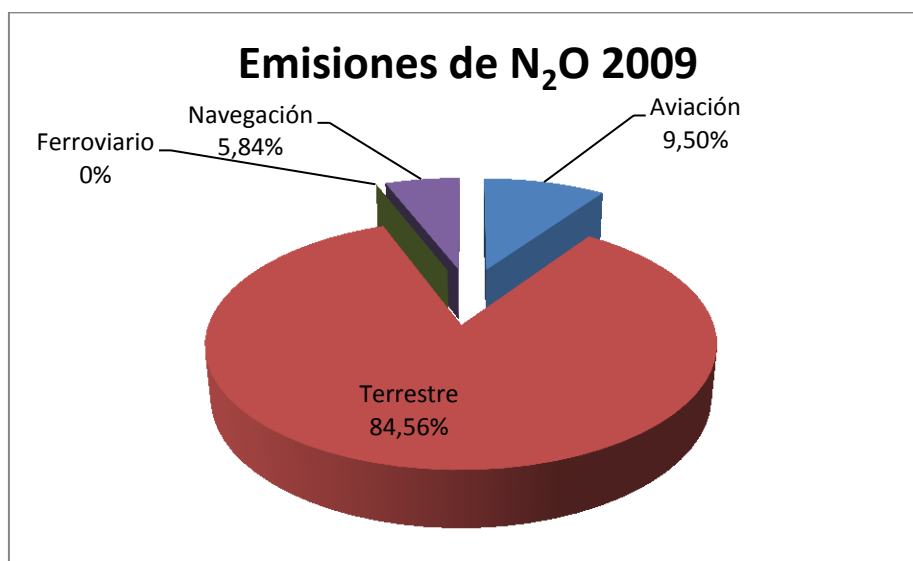
**Gráfico 19. Emisiones de  $CO_2$  en el transporte 2009**

**3.4.4. Emisiones de  $CH_4$ .** Las emisiones de metano llegaron a 2,33 Gg de  $CH_4$ , en donde nuevamente el transporte terrestre ocupó un 97,02%, mientras que las emisiones por el transporte usado para la navegación llegaron a un 2,84; seguidos por la aviación con un 0,14%.



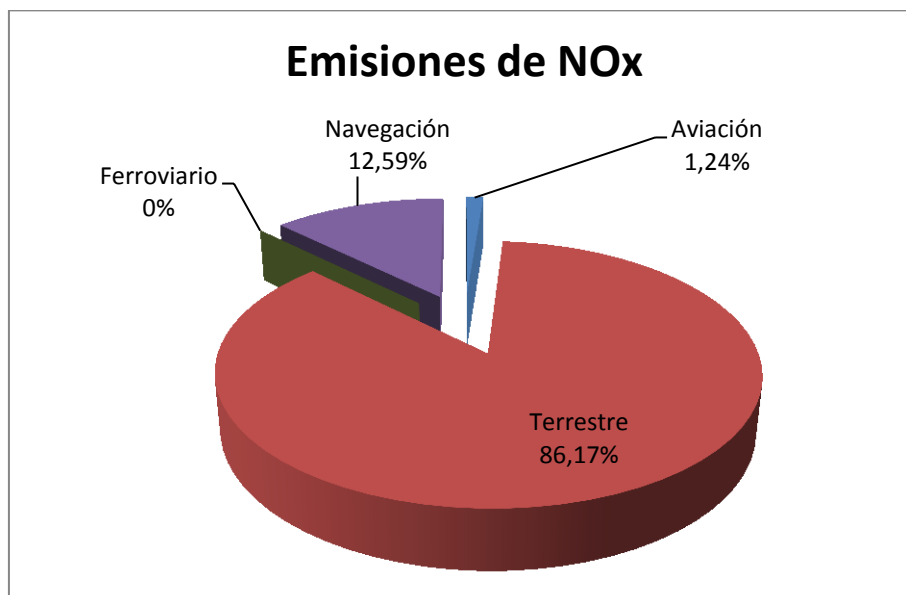
**Gráfico 20. Emisiones de  $CH_4$  en el transporte 2009**

**3.4.5. Emisiones de  $N_2O$ .** Para el 2009 las emisiones de óxido nitros fueron de 0,14 Gg de  $N_2O$ . El transporte terrestre emitió 84,56% del total de emisiones, la navegación un 5,84% y la aviación un 9,50%.



**Gráfico 21. Emisiones de  $N_2O$  en el transporte 2009**

**3.4.6. Emisiones de  $NO_x$ .** Las emisiones de óxidos de nitrógeno fueron de 157, 14 Gg de  $NO_x$ , de las cuales el 86,17% fueron generadas por el transporte terrestre, el 12,59% por la navegación y 1,24% por la aviación.



**Gráfico 22. Emisiones de  $NO_x$**

**3.4.7. Emisiones de  $CO$ .** Siendo el monóxido de carbono el segundo gas de importancia, en cuanto a volumen emanado para este año alcanzó 812,63 Gg de  $CO$ , dentro de los cuales el

98,30% corresponde a transporte terrestre, 1,62% a transporte destinado a la navegación y el 1,62% procedente de la aviación.

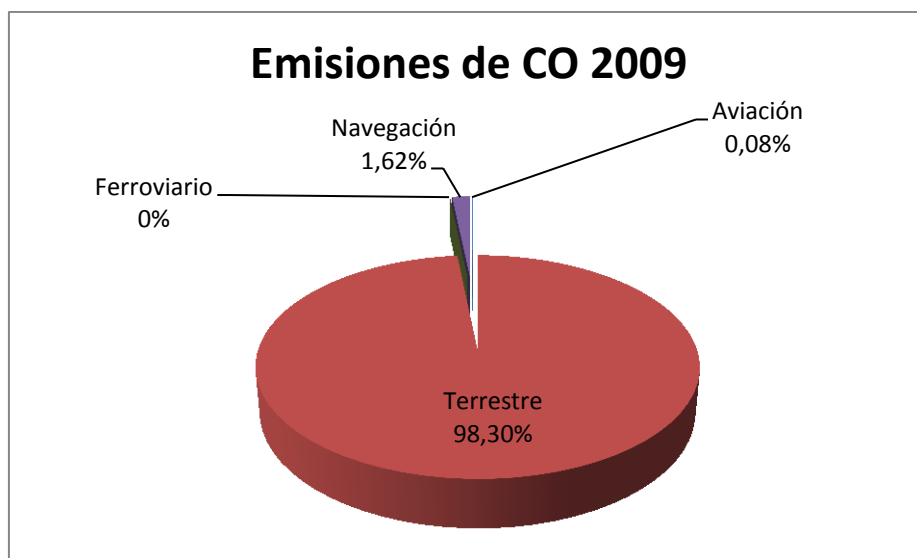


Gráfico 23. Emisiones de CO en el transporte 2009

**3.4.8. Emisiones de NMVOC.** Las emisiones de compuestos orgánicos volátiles no metálicos se estiman en 154,04 Gg de NMVOC. El transporte terrestre emitió 98,08%, el transporte usado para la navegación 1,71% y la aviación 0,21%.

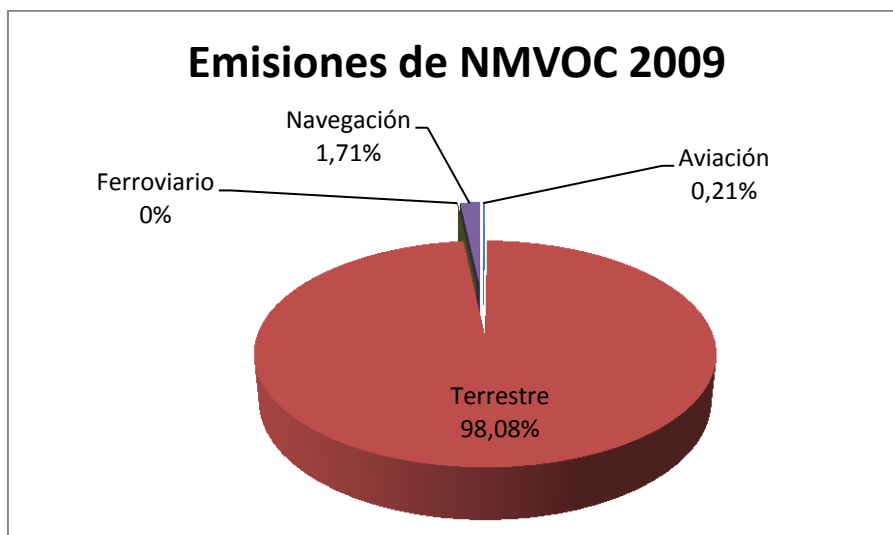
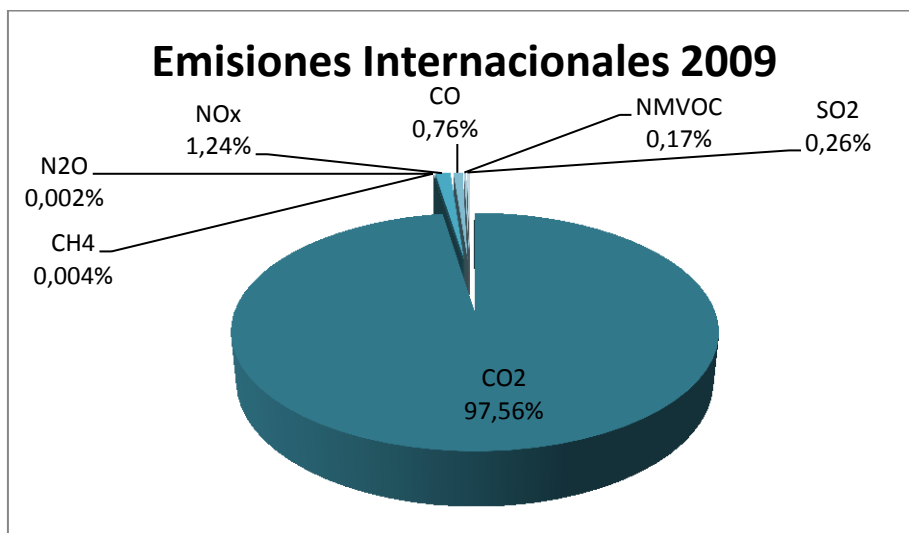


Gráfico 24. Emisiones de NMVOC en el transporte 2009

**3.4.9. Emisiones Internacionales por tipo de gas.** En cuanto al transporte internacional la navegación internacional emitió mayor cantidad referido a CO<sub>2</sub>, 1943 Gg de CO<sub>2</sub>, frente a 1584,27 Gg de CO<sub>2</sub> por aviación.

El CO<sub>2</sub> fue el de mayor abundancia con un 97,56%, en segundo lugar los óxidos de nitrógeno con un 1,24%, seguido por el CO con un 0,76%, seguido y el dióxido de azufre con 0,26%. En menores cantidades los NMVOC con 0,17%, CH<sub>4</sub> con 0,004% y NO<sub>2</sub> con un 0,002%.



**Gráfico 25. Emisiones de NMVOC en el transporte 2009**

### 3.5. Inventario de GEI sector transporte. Años 2010

A continuación se muestra la evolución de las emisiones del año 2010. El detalle de las estimaciones se los presenta en el Anexo L.

**3.5.1. Resumen de resultados.** A continuación se presentan los resultados obtenidos para el año 2010, Las emisiones de CO<sub>2</sub> correspondientes al sector energía llegaron a 26 413,41 Gg de CO<sub>2</sub> emitidos, más 46,49 Gg de CO<sub>2</sub> provenientes de la quema de biomasa, y un total de emisiones internacionales de 3 214, 21 Gg de CO<sub>2</sub>.

De estas emisiones de CO<sub>2</sub> producidas en el sector energía, el transporte contribuyó con un 55,26%, específicamente generado por el transporte terrestre con un 91,41% en cuando a emisiones de CO<sub>2</sub>, que es el principal gas de efecto invernadero.

**Cuadro 19. Resumen de resultados 2010**

INVENTARIO 2010							
TOTAL SECTOR ENERGÍA	26,413.41	Biomasa					46.43
International Bunkers	3,214.21						

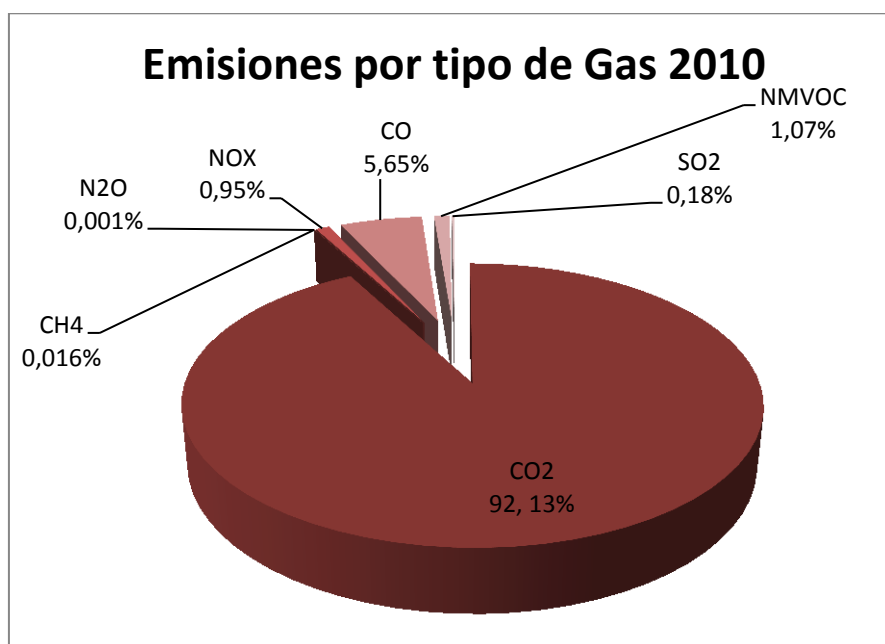
SECTORAL REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES (Gg)							
GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	NM VOC	SO <sub>2</sub>
Transport	15,425.83	2.63	0.14	158.36	946.77	179.05	30.05
a Civil Aviation	459.98	0.00	0.01	1.95	0.65	0.32	n/a
b Road Transportation	14,100.61	2.57	0.12	137.85	933.74	176.25	n/a
c Railways	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	n/a
d Navigation	865.24	0.06	0.01	18.56	12.38	2.48	n/a

SECTORAL REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES (Gg)							
GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	NM VOC	SO <sub>2</sub>
International Bunkers	3,214.21	0.12	0.06	39.19	23.93	5.44	8.18
Aviation	1,552.08	0.01	0.04	6.58	2.19	1.10	0.79
Marine	1,662.13	0.11	0.01	32.61	21.74	4.35	7.38
TOTAL DE EMISIONES EN EL TRANSPORTE	18,640.04	2.75	0.20	197.55	970.70	184.49	8.18

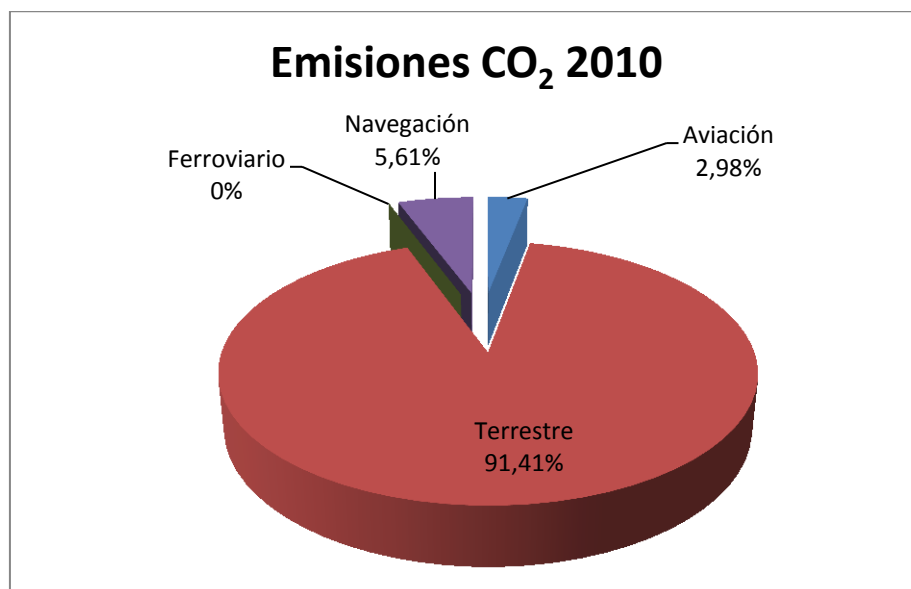
**3.5.2. Emisiones por tipo de Gas 2010.** En este año las emisiones se concentraron en gran cantidad en CO<sub>2</sub> como principal contaminante con un 92,13%, seguido por el CO con un 5,65%, a los NMVOC se les atribuye un 1,07% y en menores cantidades tenemos NO<sub>x</sub> con 0,95%, SO<sub>2</sub> con 0,18%, CH<sub>4</sub> con 0,016% y apenas 0,001% de N<sub>2</sub>O.

Las emisiones por el transporte terrestre son mayores ya que en este año el número de camionetas creció considerablemente de 173344 a 240 767 unidades casi 68000 unidades más matriculadas (ANT, 2010). Lo mismo se observó en los automóviles, con un crecimiento de 85 773 unidades.



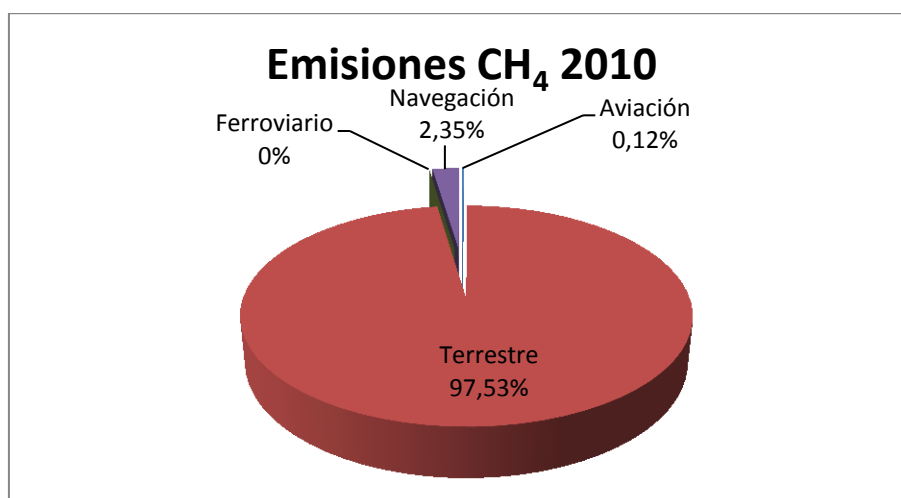
**Gráfico 26. Emisiones por tipo de gas 2010**

**3.5.3. Emisiones de CO<sub>2</sub>.** Para el 2010 se reporta una estimación de emisiones de alrededor de 15 425,83 Gg de CO<sub>2</sub>, de los cuales 91,41% corresponde al transporte terrestre, generado por la quema de combustibles y el gran incremento del parque automotor en 306 465 vehículos más matriculados este año (AGN, 2010), seguido por la navegación con un 5,61% y terminando con la aviación en un 2,98%.



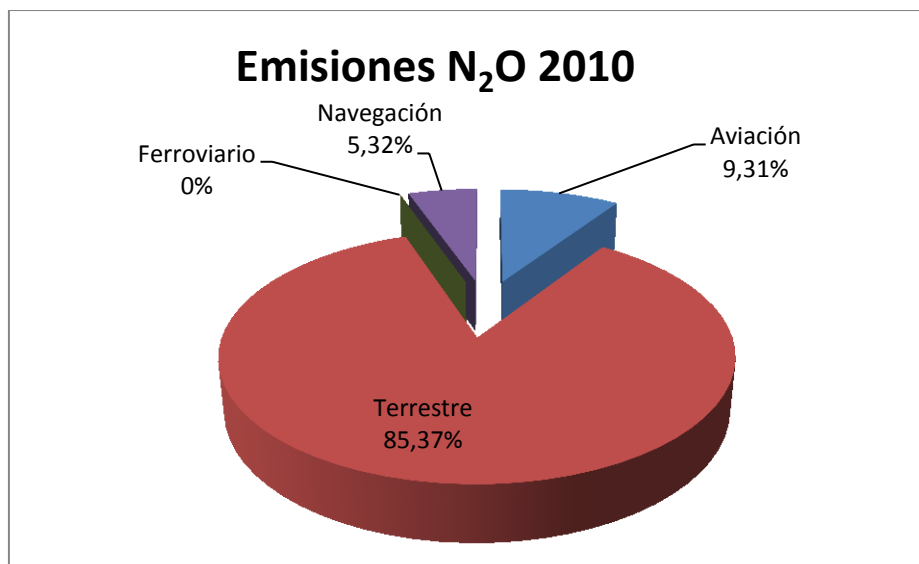
**Gráfico 27. Emisiones de CO<sub>2</sub> en el transporte 2010**

**3.5.4. Emisiones de CH<sub>4</sub>.** En cuanto a emisiones de metano, el transporte terrestre originó un 97,53% por su alto crecimiento en cuanto al número de vehículos en el país. Las emisiones generadas por la navegación llegaron a un 2,35%, y la aviación llegó a 0,12%.



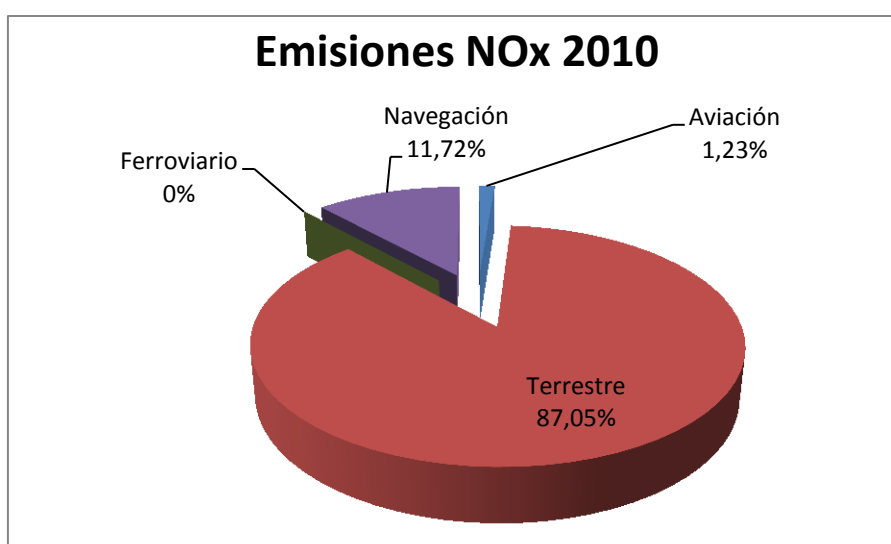
**Gráfico 28. Emisiones de CH<sub>4</sub> en el transporte 2010**

**3.5.5. Emisiones de  $N_2O$ .** Para el óxido nitroso las emisiones llegaron 0,14 Gg de  $N_2O$ , de los cuales se les atribuye el 85,37% al transporte terrestre, un 9,31% al transporte aéreo y un 5,32% al transporte utilizado para la navegación.



**Gráfico 29. Emisiones de  $N_2O$  en el transporte 2010**

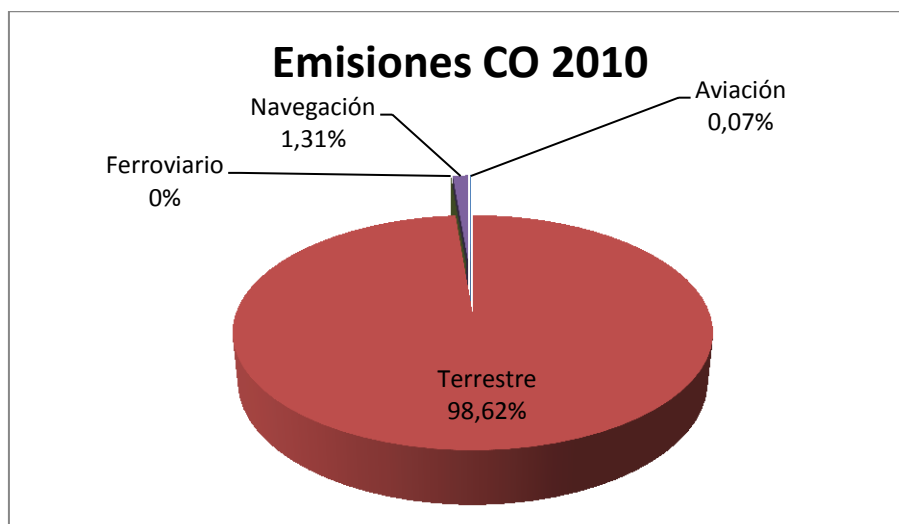
**3.5.6. Emisiones de  $NO_x$ .** Los óxidos de nitroso se estimaron en 158,36 Gg  $NO_x$  de los cuales el transporte terrestre ocasionó 87,05% de las emisiones totales, seguido por la navegación con un 11,72%, en cuanto a la aviación esta emitió el 1,23% de  $NO_x$ .



**Gráfico 30. Emisiones de  $NO_x$  en el transporte 2010**

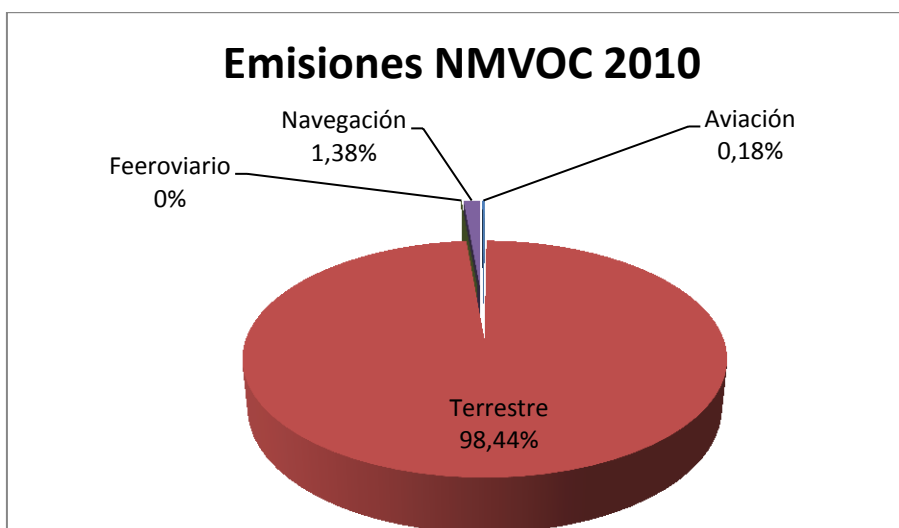


**3.5.7. Emisiones de CO.** Para el monóxido de carbono, el segundo gas de mayor importancia Ecuador emitió 946,77 Gg de CO. Comparando con los años 2007 y 2008 se observa un incremento justificado por el crecimiento del parque automotriz, los que demanda mayor consumo de combustibles, no solo en el transporte terrestre sino también en la navegación y en la aviación.



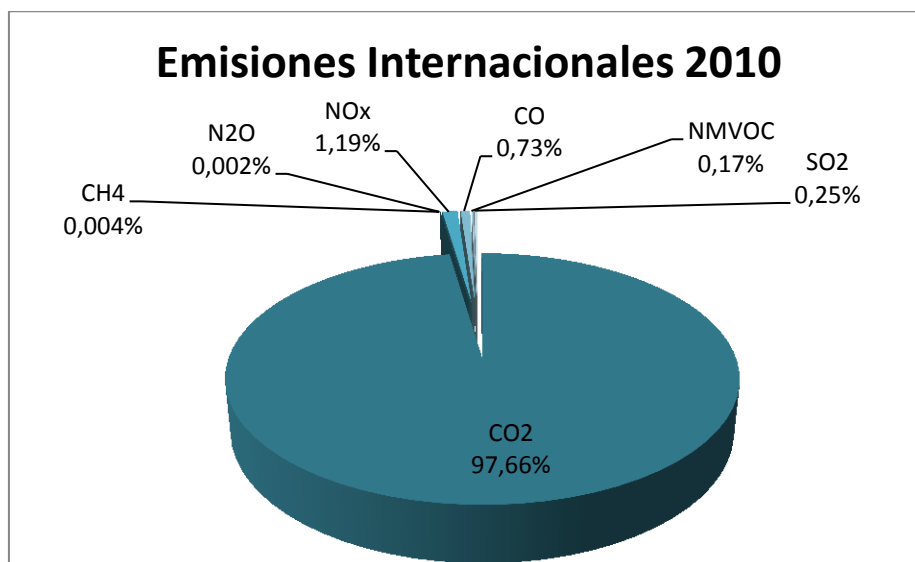
**Gráfico 31. Emisiones de CO en el transporte 2010**

**3.5.8. Emisiones de NMVOC.** Los NMVOC provinieron en su totalidad por la quema de combustibles del transporte terrestre, el 1,38% se originó del transporte para la navegación y el resto 0,18% correspondió a la aviación.



**Gráfico 32. Emisiones de NMVOC en el transporte 2010**

**3.5.9. Emisiones Internacionales por tipo de gas.** Las emisiones originadas por es transporte a nivel internacional llegaron 3214, 21 Gg de CO<sub>2</sub> que corresponden a un 97,66%, en segundo lugar tenemos las emisiones de óxidos de nitrógenos con un 1,19%, seguidos por emisiones de CO con un 0,73% y SO<sub>2</sub> con 0,25%. En cantidades menores tenemos las emisiones de metano con apenas 0,004% y las emisiones de N<sub>2</sub>O con 0,002% de las emisiones totales (3291,13).



**Gráfico 33. Emisiones Internacionales 2010**

### **3.6. Inventario de GEI en el sector transporte. Año 2011**

A continuación se muestra la evolución de las emisiones del año 2011. El detalle de los cálculos se los presenta en el Anexo L.

**3.6.1. Resumen de resultados.** La siguiente tabla nos indica la evolución de las emisiones durante este año, el total del sector energía fue de 32 200,04, Gg de CO<sub>2</sub>, más las emisiones internacionales 3 329,56 Gg de CO<sub>2</sub> y las de provenientes de la biomasa de 51,91 Gg de CO<sub>2</sub>, que no se las suma sino que se las reporta por separados. De aquí que el transporte contribuyó con 61,24% debido al alto consumo de combustibles en este sector, y entre ellos el transporte terrestre contribuyó con 91,04% de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

**Cuadro 20. Resumen de Resultados 2011**

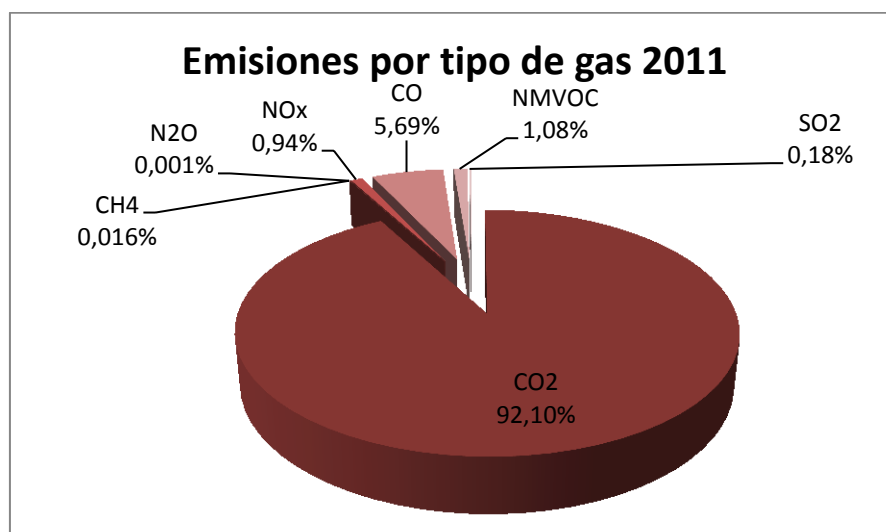
INVENTARIO 2011			
TOTAL SECTOR ENERGÍA	32,200.04	Biomasa	54,91
International Bunkers	3,329.56		

SECTORAL REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES (Gg)							
GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	NM VOC	SO <sub>2</sub>
Transport	17,094.91	2.93	0.16	174.50	1,056.79	199.85	32.83
a Civil Aviation	596.26	0.004	0.02	2.53	0.84	0.42	n/a
b Road Transportation	15,562.61	2.86	0.13	151.90	1,042.57	196.75	n/a
c Railways	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	n/a
d Navigation	936.05	0.07	0.01	20.07	13.38	2.68	n/a

SECTORAL REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES (Gg)							
GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	NM VOC	SO <sub>2</sub>
International Bunkers	3,329.56	0.13	0.06	42.70	26.39	5.90	9.01
Aviation	1,469.64	0.01	0.04	6.23	2.08	1.04	0.75
Marine	1,859.92	0.12	0.01	36.48	24.32	4.86	8.26
TOTAL DE EMISIONES EN EL TRANSPORTE	20,424.47	3.06	0.21	217.20	1,083.18	205.75	9.01

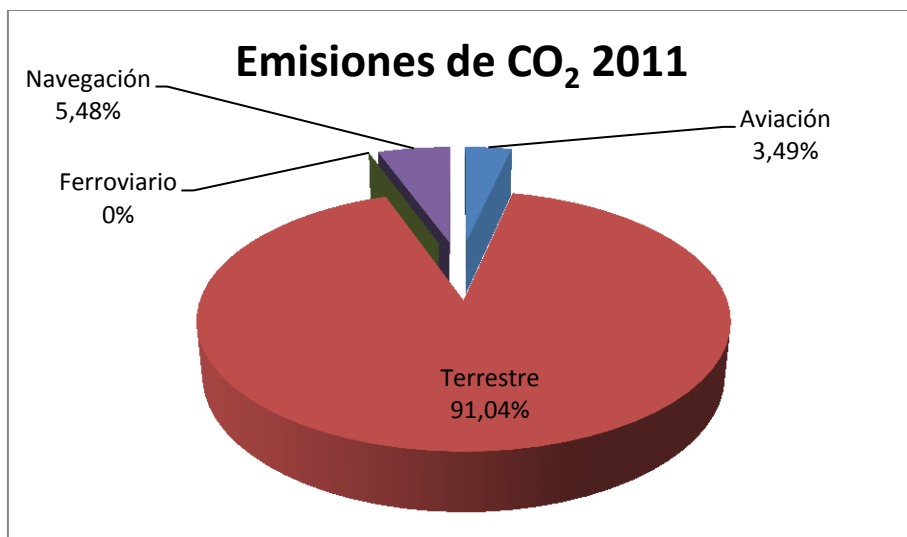
**3.6.2. Emisiones por tipo de gas.** En el año 2011 el transporte en el Ecuador emitió 92,10% de CO<sub>2</sub> lo que equivale a 17 094, 91 Gg de CO<sub>2</sub>. El segundo gas de importancia por su cantidad es el CO con un 5,69% de emisiones lo que equivale a 1056 Gg de CO, mayor que en los años anteriores. Los compuestos NMVOC se emitieron en un 1,08%, seguido por el SO<sub>2</sub> con un 0,18% y cantidades menores el NO<sub>x</sub> con 0,94%, el metano con un 0,016% y N<sub>2</sub>O con apenas 0,001%.

Básicamente los incrementos en emisiones de GEI se deben al aumento de vehículos en 132 192 unidades vehiculares más matriculadas en este año, el transporte motorizado creció significativamente de 144552 en el 2009 a 263 346 en el 2010, según reportes de la Agencia Nacional de Tránsito. Por lo que se justifica los incrementos en cuanto a emisiones provenientes del transporte terrestre.



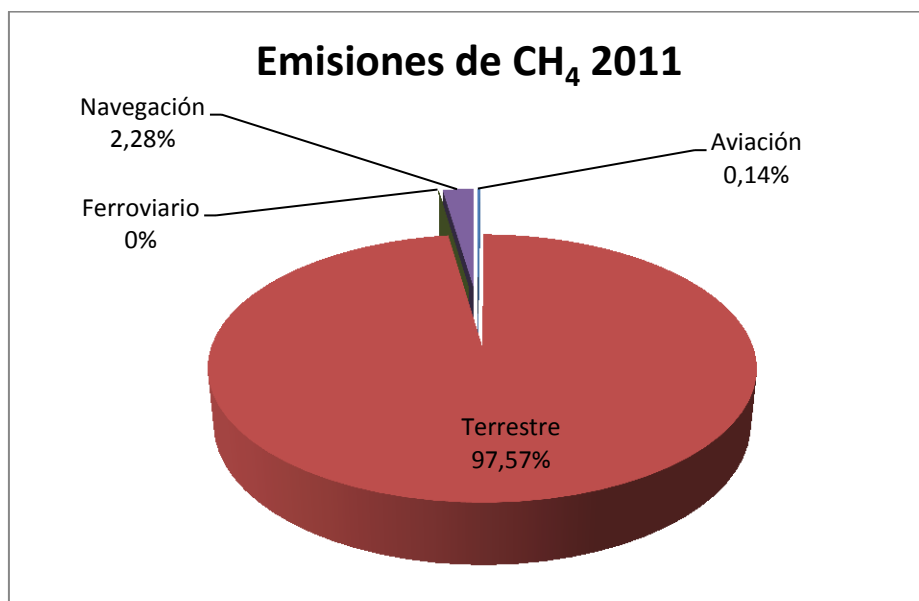
**Gráfico 34. Emisiones por tipo de gas 2011**

**3.6.3. Emisiones de CO<sub>2</sub>.** Para las emisiones de dióxido de carbono se observa un alto incremento con 17 094, 91 Gg de CO<sub>2</sub>, emitidos principalmente por el transporte terrestre con un 91,04%, seguido por la navegación con un 5,48% y finalmente la aviación con un 3,49%.



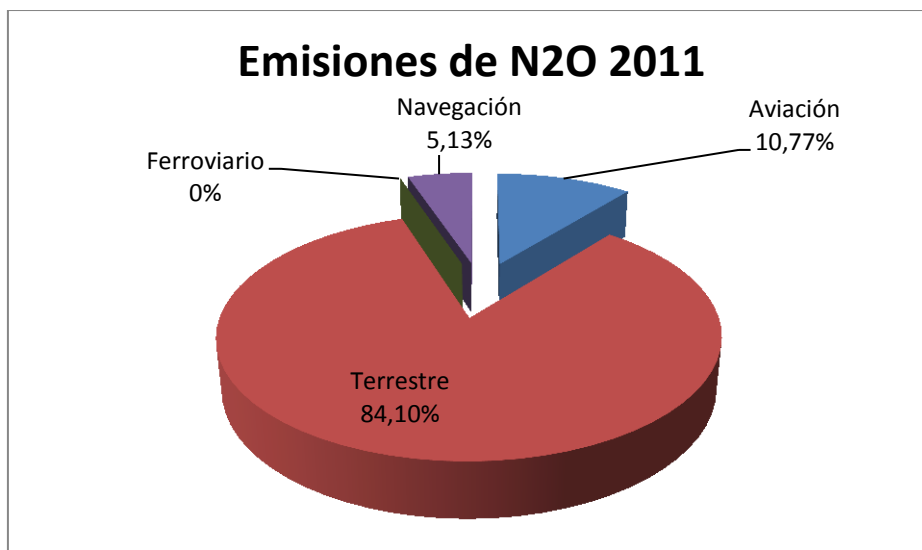
**Gráfico 35. Emisiones de CO<sub>2</sub> 2011**

**3.6.4. Emisiones de CH<sub>4</sub>.** Las emisiones de metano se estimaron en 2.93 Gg de CH<sub>4</sub>, de los cuales el 97,57% corresponden al transporte terrestre por su tamaños en unidades, mientras que para la navegación se tiene un 2,28% de generación de emisiones por este tipo de transporte y para la aviación 0,14%.



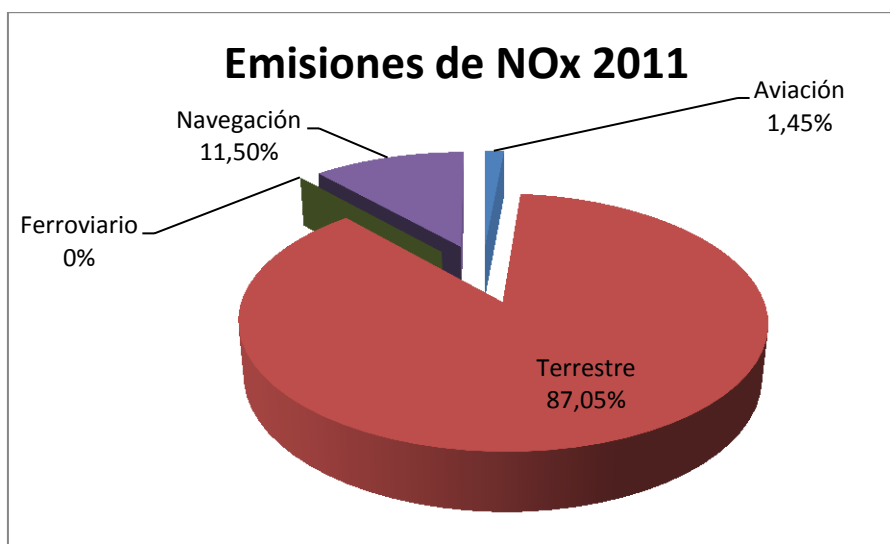
**Gráfico 36. Emisiones de CH<sub>4</sub> 2011**

**3.6.5. Emisiones de  $N_2O$ .** Las emisiones de óxido nitroso fueron de alrededor de 0,16 Gg de  $N_2O$ , con un aporte de 84,10% debido al transporte terrestre, a 10,77% por aviación y la navegación con un 5,13%.



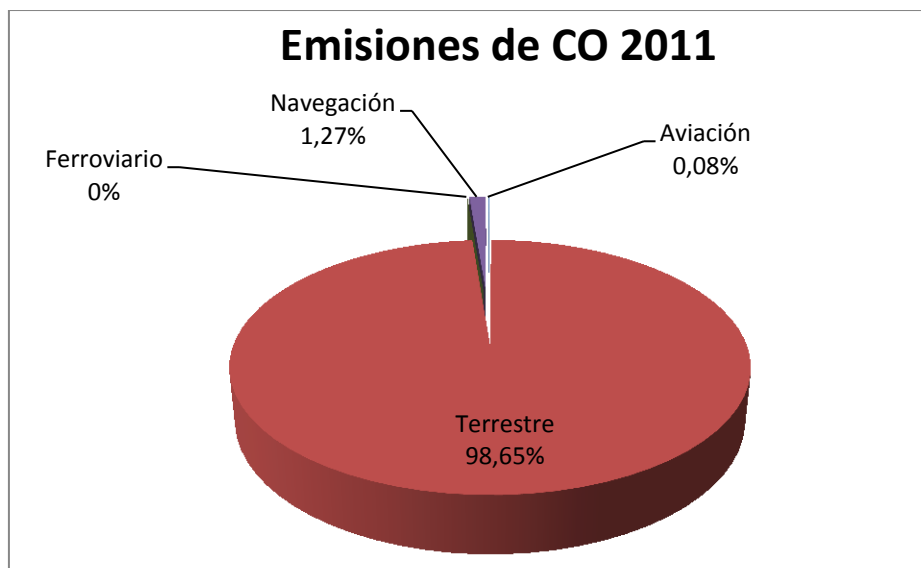
**Gráfico 37. Emisiones de  $N_2O$  2011**

**3.6.6. Emisiones de  $NO_x$ .** El transporte emitió 174,50 Gg de  $NO_x$  en el años 2011, de los cuales, el 87,05% se deben al transporte terrestre, el 11,50 a la navegación y el 1,45% a la aviación.



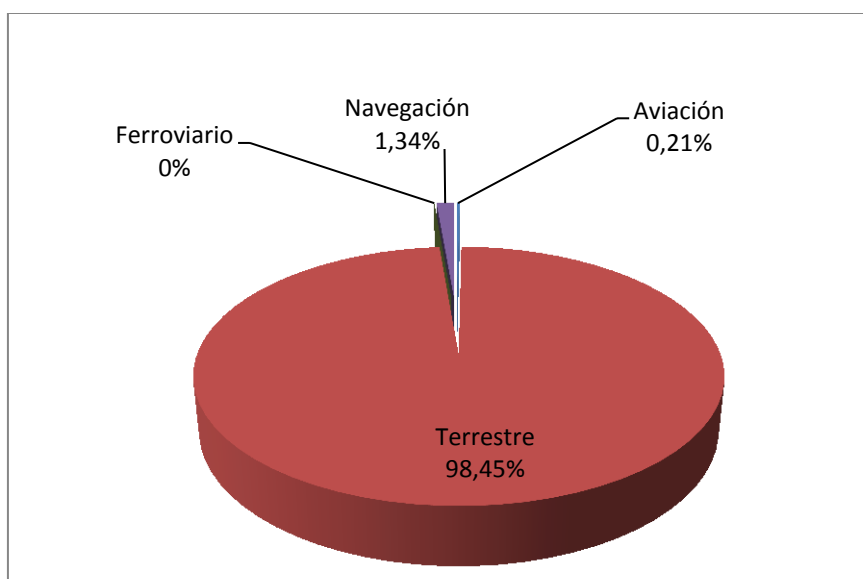
**Gráfico 38. Emisiones de  $NO_x$  2011**

**3.6.7. Emisiones de CO.** Las emisiones de monóxido de carbono el segundo gas de mayor importancia, en el país fueron de 1 056,79 Gg. De las cuales el 98,65% emitió el transporte terrestre.



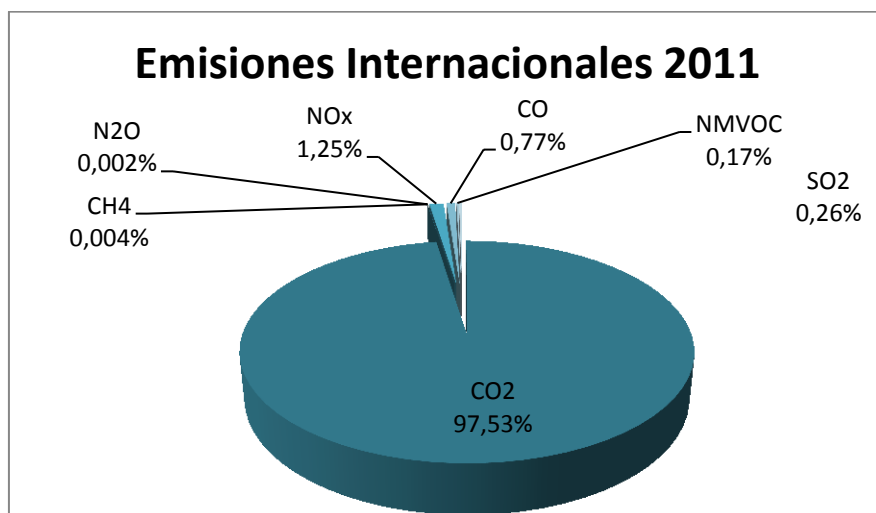
**Gráfico 39. Emisiones de CO 2011**

**3.6.8. Emisiones de NMVOC.** Se emitió 199,85 Gg de compuestos orgánicos volátiles no metálicos. El 98,45% se originó por el transporte terrestre, 1,34% por la navegación y el 0,21% por el combustible destinado a la aviación.



**Gráfico 40. Emisiones de NMVOC 2011**

**3.6.9. Emisiones Internacionales.** Las emisiones internacionales se deben principalmente a la navegación internacional, en donde los principales gases emitidos son el CO<sub>2</sub> con 97,53%, el óxidos de nitrógeno con 1,25%, el CO con 0,77% y en cantidades bajas SO<sub>2</sub> con un 0,26%, NMVOC con 0,17%, metano con 0,004% y óxido nitroso con 0,002%.



**Gráfico 41. Emisiones Internacionales 2011**

### **3.7. Inventario de GEI en el sector transporte. Año 2012**

A continuación se presentan los resultados obtenidos para las emisiones del años 2012, los detalles de las estimaciones se presentan en el Anexo L.

**3.7.1. Resumen de resultados.** A continuación se presenta un resumen de resultados con un incremento en emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector energía (33 375, 47 Gg de CO<sub>2</sub>, adicionales se emitió 3 155,37Gg de CO<sub>2</sub> provenientes de emisiones internacionales y 46,50 Gg de CO<sub>2</sub> ocasionados por la quema de biomasa. Del total de emisiones en el sector energía el transporte emitió 64,96% y en mayor cantidad el transporte aéreo (90,26%).

## Cuadro 21. Resumen de Resultados

INVENTARIO 2012							
TOTAL SECTOR ENERGÍA	33,375.47	Biomasa					46.50
International Bunkers	3,155.37						

SECTORAL REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES (Gg)							
GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	NM VOC	SO <sub>2</sub>
Transport	18,132.60	3.11	0.16	189.98	1,119.28	211.63	34.35
a Civil Aviation	451.02	0.003	0.01	1.91	0.64	0.32	n/a
b Road Transportation	16,366.33	3.02	0.14	159.73	1,099.74	207.53	n/a
c Railways	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	n/a
d Navigation	1,315.25	0.09	0.01	28.34	18.90	3.78	n/a

SECTORAL REPORT FOR INTERNATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES (Gg)							
GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	NM VOC	SO <sub>2</sub>
International Bunkers	3,155.37	0.12	0.06	38.18	23.28	5.31	7.95
Aviation	1,541.54	0.01	0.04	6.53	2.18	1.09	0.79
Marine	1,613.84	0.11	0.01	31.65	21.10	4.22	7.16
TOTAL DE EMISIONES EN EL TRANSPORTE	21,287.97	3.23	0.22	228.16	1,142.55	216.94	7.95

**3.7.2. Emisiones por tipo de Gas.** Las emisiones debido al sector transporte incrementaron, por el crecimiento del parque automotor, en todos los tipos de vehículos, se observa gran diferencia de número de vehículos matriculados entre un tipo y otro de automotor, a nivel global se incrementaron 478 587 unidades con respecto al 2011. (Ver Anexo G)

El mayor gas emitido al ambiente fue el CO<sub>2</sub> con un 92,98% equivalente a 18132.60 Gg de CO<sub>2</sub>, seguido por el CO con una cantidad de 5,68% (1 119,28 Gg de CO), los NMVOC con un 1,07% (211,63 Gg de NMVOC), los óxidos de nitrógeno con 0,96%, el SO<sub>2</sub> con un 0,17%, en menores concentraciones CH<sub>4</sub> con 0,016% y N<sub>2</sub>O con alrededor de 0,96%.

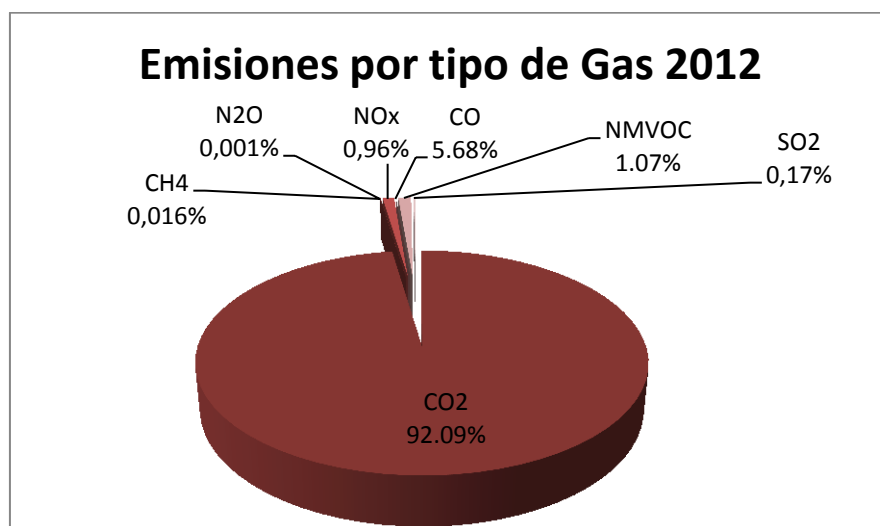


Gráfico 42. Emisiones por tipo de gas 2012

**3.7.3. Emisiones de CO<sub>2</sub>.** Las emisiones de CO<sub>2</sub> originadas por el transporte para este año fueron de 18 132,60 Gg de CO<sub>2</sub>, mayor que en los anteriores años analizados, debido al alto



número de vehículos matriculados en este año. El transporte terrestre emitió 90,26%, la navegación un 7,25% y la aviación 2,49%.

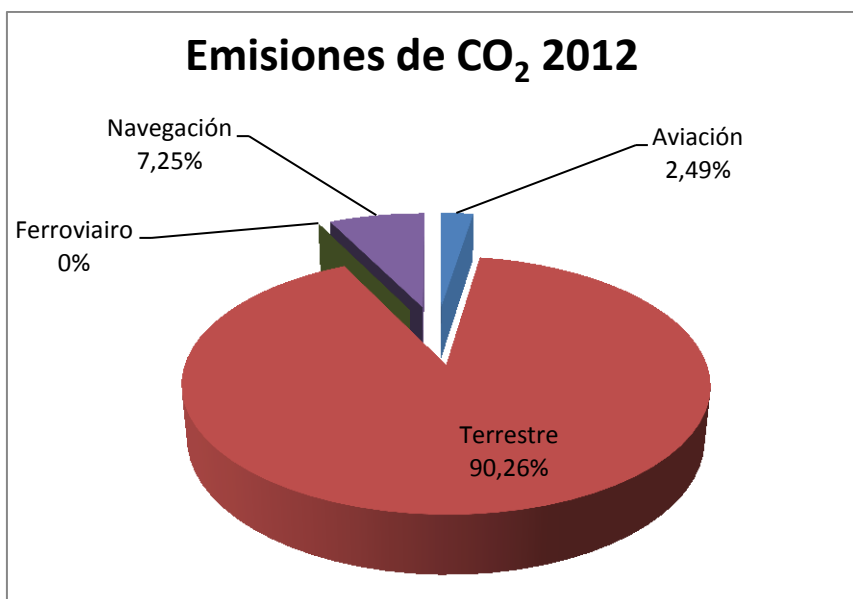


Gráfico 43. Emisiones de CO<sub>2</sub> 2012

**3.7.4. Emisiones de CH<sub>4</sub>.** Ecuador emitió 3,11 Gg de CH<sub>4</sub> de los cuales el 96,86% pertenece al transporte terrestre, mientras que el 3,03% proviene del transporte naviero y el 0,10% a la aviación.

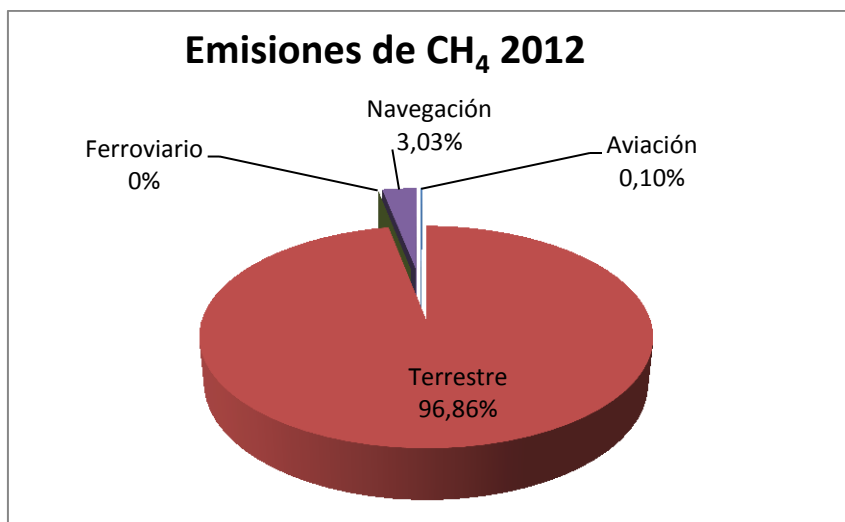
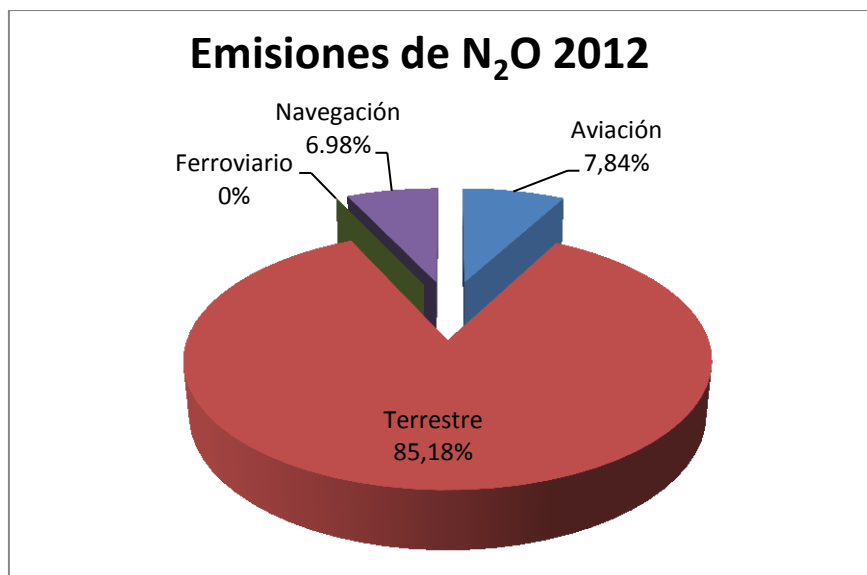


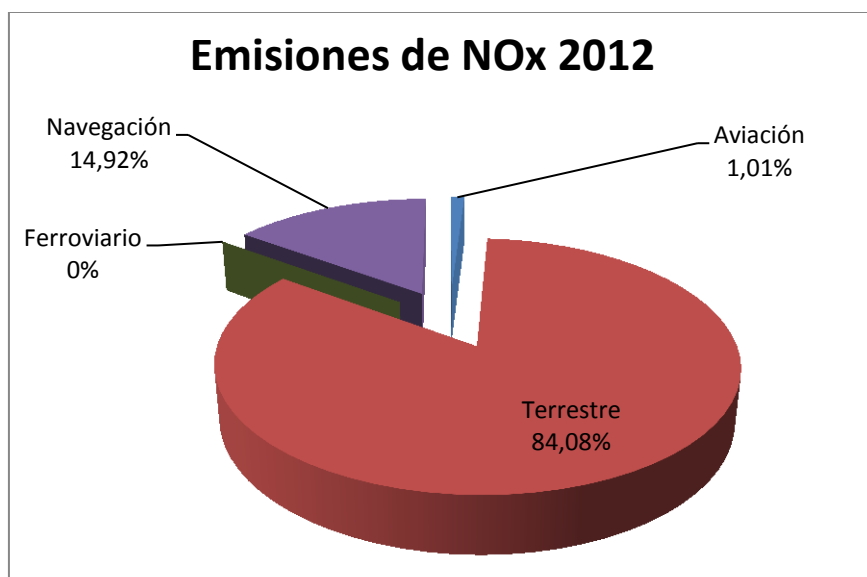
Gráfico 44. Emisiones de CH<sub>4</sub> 2012

**3.7.5. Emisiones de  $N_2O$ .** en el 2012, se emitieron 0,16 Gg de  $N_2O$ , producidos por el transporte terrestre (85,18%), transporte destinado para la navegación (6,98%) y aviación (7,84%).



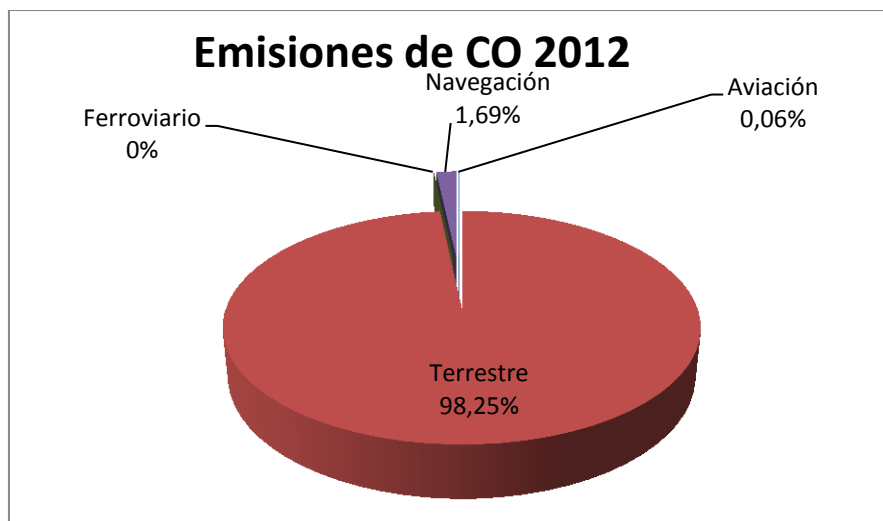
**Gráfico 45. Emisiones de  $N_2O$  2012**

**3.7.6. Emisiones de  $NO_x$ .** Las emisiones de óxidos de nitrógeno en el año 2012 alcanzaron los 189,98 Gg de  $NO_x$ , producidos fundamentalmente por el transporte terrestre (84,08%) y en menor magnitud por transportes destinados a la navegación (14,92%) y aviación (1,01%).



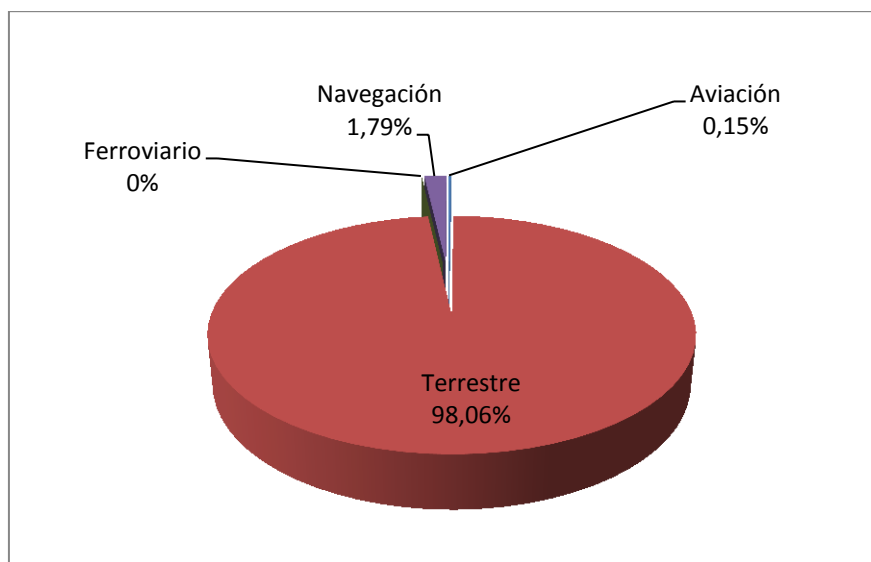
**Gráfico 46. Emisiones de  $NO_x$  2012**

**3.7.7. Emisiones de CO.** Ecuador emitió 1 119,28 Gg de CO en el 2012. Su generación se produjo en su mayoría por el transporte terrestre (98,25%), en menores cantidades por la navegación con 1,69% y la aviación con 0,06%.



**Gráfico 47. Emisiones de CO 2012**

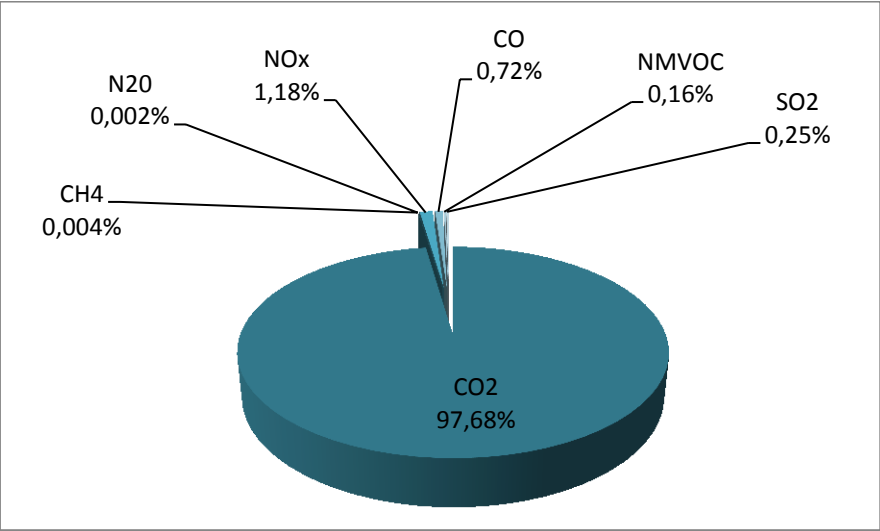
**3.7.8. Emisiones de NMVOC.** El país emitió 211,63 Gg de NMVOC, que resultaron de la combustión de combustibles asignados para el transporte terrestre un 98,06%, la navegación con un 1,79% y la aviación 0,15%.



**Gráfico 48. Emisiones de NMVOC 2012**

**3.7.9. Emisiones Internacionales por tipo de gas.** Las emisiones internacionales se les atribuye a la aviación y navegación internacional, por la entrega de combustibles en el país, en donde la navegación es la de mayor contribución.

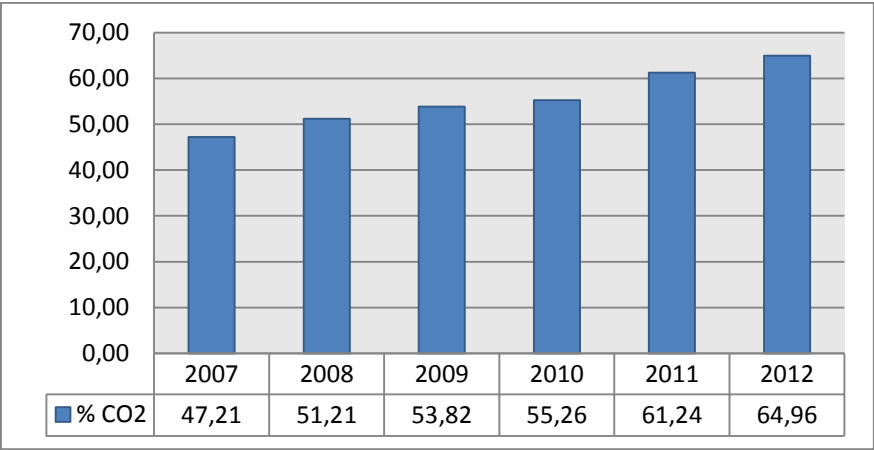
En este año el transporte internacional emitió 97,68% de CO<sub>2</sub>, 1,18% de NO<sub>x</sub>, 0,72% de CO, 0,25% de SO<sub>2</sub>, 0,16% en cuanto a NMVOC y en concentraciones bajas metano 0,004% y óxido de nitrógeno 0,002%.



**Gráfico 49. Emisiones Internacionales 2012**

**3.8. Resumen de evolución de emisiones de GEI en el sector transporte.**

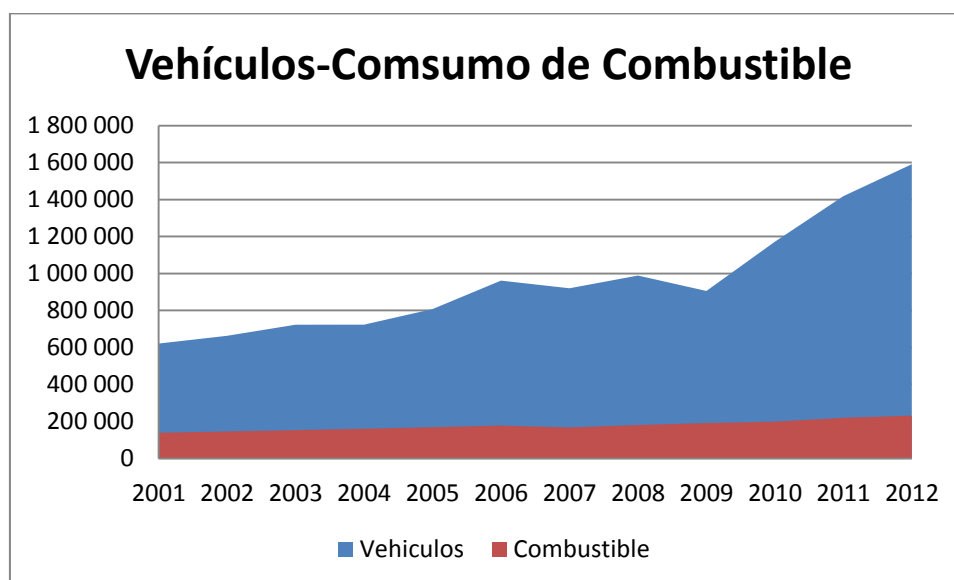
A continuación se muestran las evoluciones de emisiones de CO<sub>2</sub> originadas por el transporte en el país, tomando como valor total el total nacional sin incluir las emisiones internacionales, ya que estas se reportan por separado. El porcentaje representa las emisiones por el transporte dentro del sector energía, en donde el resto proviene de emisiones producidas por la energía generada por la industria y en la construcción, en el sector residencial para la autogeneración de energía, en la quema de combustibles en la agricultura.



**Gráfico 50. Porcentaje emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes del transporte en el sector energía**

En el gráfico anterior podemos observar que el transporte es el subsector de mayor importancia en cuanto a emisiones de dióxido de carbono contribuye en promedio con la mitad de emisiones dentro del sector energía, además claramente se observa que estas tienden a incrementar a medida que pasa el tiempo, como la estimación de emisiones se basó en el consumo de combustibles, es evidente que este se incrementa. Esto es comparable paralelamente con el crecimiento del número de unidades vehiculares, siendo en el 2012 el año que más unidades matriculadas hay, alrededor de 1 591 030. (Ver Anexo G)

Seguido podemos observar el crecimiento del parque automotor, desde el 20009 se observa una mayor pendiente, pues en estos años el ingreso de unidades nuevas al país fue alto, con una tasa de crecimiento del 19%.



**Gráfico 51. Vehículos- Consumo de Energía**

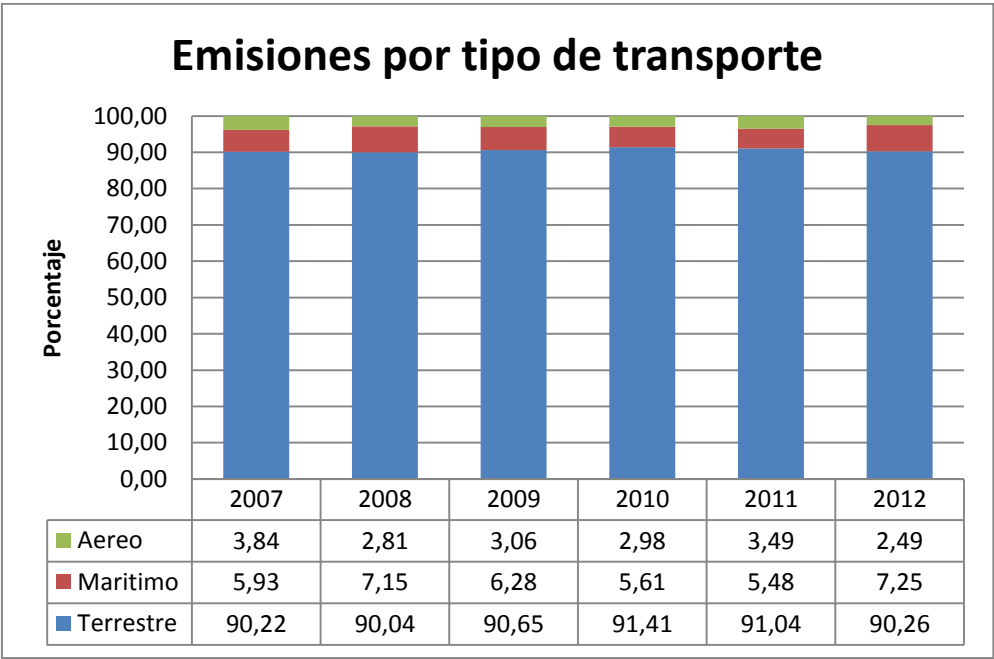
A pesar de anteriormente citado, la tasa de crecimiento del consumo de combustibles fue menor (alrededor de 6,5%) debido a que si bien creció el parque automotor, ingresan unidades de nuevas con una eficiencia mucho mejor que el parque automotor del momento.

El transporte es uno de los principales contribuyentes de las emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector energía, es importante identificar cual es el tipo de transporte que más afecta a estas emisiones para presentar posibles soluciones ante esta problemática ambiental.

En el Gráfico de abajo, podemos observar claramente que el transporte terrestre emite alrededor del 90% de CO<sub>2</sub>, además se ve un incremento en los años 2010 y 2011, esto se debe al alto ingreso de nuevos vehículos; en este período se da libre entrada a vehículos híbridos que

apuntaban por una línea limpia pero llevan a un crecimiento del parque automotor y aumento en problemas relacionados de tráfico.

Para liderar con la entrada descontrolada de vehículos híbridos con gran cilindraje que resultaron no ser tecnologías limpias, pues un gran cilindraje implicó un consumo desmedido de combustible y no aportó ningún beneficio ambiental. La ligera decaída en el 2012 se debe al control de los impuestos verdes, para poder controlar las importaciones de autos híbridos; el gobierno decretó que todos los vehículos híbridos con un cilindraje menor a 2000 cm<sup>3</sup> se verán liberados de impuestos de importación, y este impuesto dependerá del cilindraje de los vehículos si es mayor el porcentaje de impuestos crecerá de acuerdo al tamaño del motor.



**Gráfico 52. Emisiones por tipo de transporte**

Tomando en análisis del alto crecimiento de vehículos hay que recalcar que el número de vehículos no es un indicador claro de emisiones sino la eficiencia de los motores de los vehículos, en el 2012 se presenta los resultados del Plan RENOVA, en donde se elimina cierto número de vehículos que no son eficientes y emiten mayor cantidad de contaminantes al ambiente, cambiándolos por nuevos. Lo que justifica que el porcentaje de emisiones para este año debido al transporte terrestre disminuya. Pero esta medida tan solo afectó a un porcentaje menor al 1% de los vehículos por lo que en cuanto a emisiones no se logra grandes resultados, se debe incrementar hacer mejorar en esta política para mejores resultados.

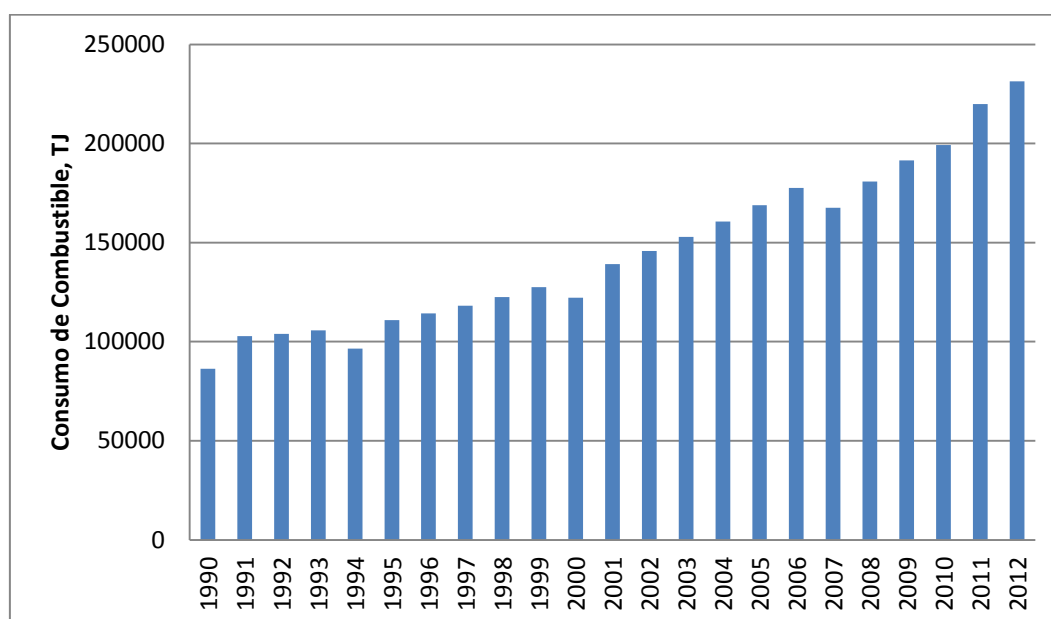
**Cuadro 22. Vehículos Chatarrizados por modalidad**

	2008	2009	2010	2011	2012	TOTAL
Taxi	399	1.310	2.611	1.967	1.120	7.407
Carga liviana	4	96	355	356	210	1.021
Escolar	2	348	516	484	336	1.686
Urbano	3	154	85	270	439	951
Inter e Intra provincial	-	202	209	286	367	1.064
Carga pesada	2	30	104	194	537	867
<b>TOTAL</b>	<b>410</b>	<b>2.140</b>	<b>3.880</b>	<b>3.557</b>	<b>3.009</b>	<b>12.996</b>

**Fuente:** Ministerio de Transporte y Obras Públicas, Informe de Resultados del Plan RENOVA, Quito, 2012, p. 3.

Una medida de análisis más eficiente es observar las tendencias de consumo de combustibles en el transporte terrestre, porque sin importar la tecnología o el número de vehículos esto nos da una idea de la cantidad de combustible quemado que es proporcional a las emisiones de los principales GEI.

El consumo de combustibles en el Ecuador desde 1990 muestra un alto crecimiento, un pico en año 2006 que involucra una mayor demanda en los años posteriores, una de las principales causas el desarrollo económico del país en los últimos años. Estadísticas del INEC muestran que la calidad de vida de los ecuatorianos es mejor pero sobre todo indica que el contar con un medio de transporte es esencial, y se ha convertido en una necesidad, se estima que por cada 3.5 personas hay un vehículo.

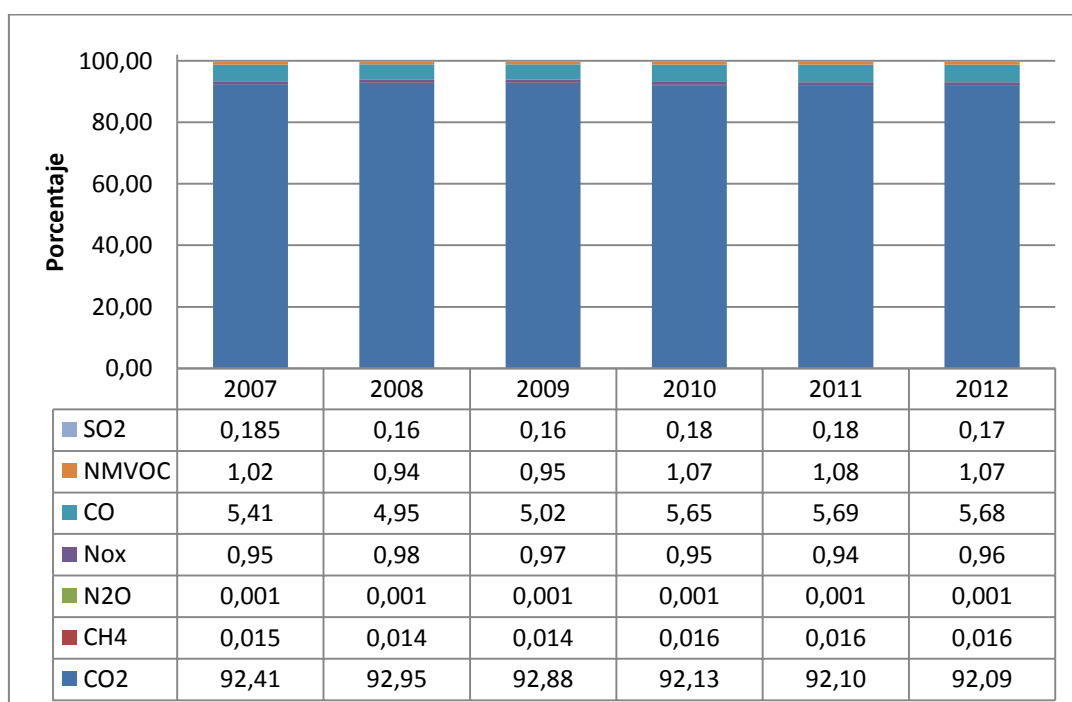


**Gráfico 53. Consumo de Combustibles en el Transporte Terrestre**

En cuanto al transporte marítimo hay incremento de emisiones, a pesar de que no se tiene un registro del número de unidades marítimas, se conoce que la demanda de combustibles creció. La pesca artesanal creció considerablemente en el año 2012, pasó de 28 millones de galones en el 2010 a 65 millones de galones en el 2012. El clima favorable en los meses de agosto y septiembre, además el apoyo en actividades de pesca para el desarrollo de ciertas zonas costeras favoreció a las comunidades para obtener unidades destinadas a esta actividad. Pese a ello hay que considerar que un gran incremento en el consumo de la pesca debería ocasionar un crecimiento en emisiones, como ello no se manifiesta esto se pudo originar por fugas en contrabando de combustibles.

Las emisiones generadas por combustibles destinados a la aviación se mantienen en un valor medio del 3%, lo que indica que esta actividad no representa un problema de crecimiento, por el contrario se mantiene estable, ya que el número de vuelos a nivel nacional no ha incrementado. Además el uso de este medio se ve reducido por el alto costo en cuanto al transporte de pasajero.

A continuación, se presenta la evolución de emisiones por tipo de gas, claramente observamos que el de mayor abundancia es el CO<sub>2</sub>, seguido por el CO, como anterior mente se observó en los inventarios realizados año a año. Pero se puede notar que las emisiones del resto de gases son muy bajas en términos de porcentajes, por lo que para apreciar mejor se presenta el Cuadro 22 con las emisiones en Gg del respectivo gas emitido en el año de referencia.



**Gráfico 54. Evolución de Emisiones de GEI**

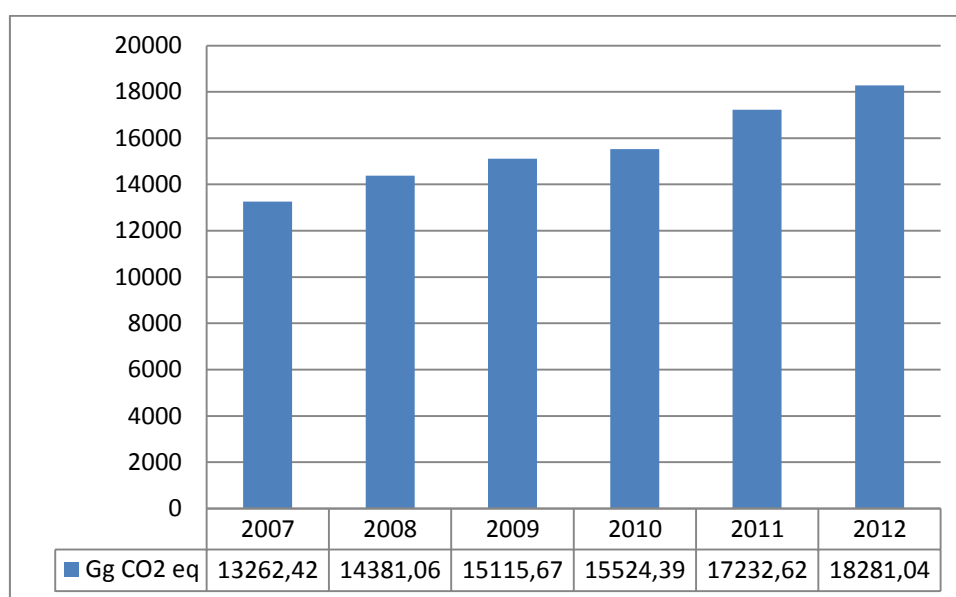


En cuanto a porcentajes es difícil apreciar las evoluciones de los gases, por lo que a continuación se muestra el cuadro con los resultados en unidades másicas. Los gases como el metano y óxido nitroso no representan mayor problemática en este sector. Sin embargo un reporte en CO<sub>2</sub> equivalente nos permite entender de forma más clara las emisiones de GEI porque aquí consideramos el forzamiento radiativo.

**Cuadro 23. Emisiones de GEI en el sector transporte, Gg de Gas**

Años	Gg CO <sub>2</sub>	Gg CH <sub>4</sub>	Gg N <sub>2</sub> O	Gg NO <sub>x</sub>	Gg CO	Gg NMVOC	Gg SO <sub>2</sub>
2007	13,179.32	2.17	0.12	135.56	771.60	146.07	26.42
2008	14,295.28	2.19	0.13	151.30	761.91	144.46	30.97
2009	15,024.82	2.33	0.14	157.14	812.62	154.04	25.45
2010	15,425.83	2.63	0.14	158.36	946.77	179.05	30.05
2011	17,094.91	2.93	0.16	174.50	1,056.79	199.85	32.83
2012	18,132.60	3.11	0.16	189.98	1,119.28	211.63	34.35

El siguiente gráfico tenemos la evolución de las emisiones pero en Gg CO<sub>2</sub>-eq que indica las mismas tendencias anteriores pero sus unidades son más manejables.



**Gráfico 55. Emisiones de CO<sub>2</sub>-Eq**

La tendencia es similar al gráfico anterior, las emisiones durante este período crecen a una tasa de 6,6%. Más a detalle podemos observar las tasas de crecimiento, y es evidente que en el 2011 hay un gran crecimiento de emisiones (11%); debido a la alta demanda de combustibles del año con un alto número de unidades en el país.

**Cuadro 24. Emisiones consumo-vehículos**

<b>Años</b>	<b>Gg CO<sub>2</sub> eq</b>	<b>Tasas de crecimiento anual</b>	<b>TJ/vehículos</b>
<b>2007</b>	13262,42	<b>3,8</b>	<b>0,18</b>
<b>2008</b>	14381,06	<b>8,4</b>	<b>0,18</b>
<b>2009</b>	15115,67	<b>5,1</b>	<b>0,21</b>
<b>2010</b>	15524,39	<b>2,7</b>	<b>0,17</b>
<b>2011</b>	17232,62	<b>11, 0</b>	<b>0,16</b>
<b>2012</b>	18281,04	<b>6,1</b>	<b>0,15</b>

La relación del consumo de combustibles por número de vehículos nos permite justificar los cambios de tecnología de los últimos tres años en donde el crecimiento de emisiones de ver afectado por el incremento de vehículos en el país. Lo que no indica que las tecnologías han ido mejorando su eficiencia; si bien hay más unidades, estas son nuevas y la eficiencia es mejor que años anteriores donde este valor es cerca de 0,21.

## **4. ESCENARIOS DE MITIGACIÓN**

Partiendo de los inventarios de GEI, se identifica como principal problema las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por el transporte terrestre, específicamente de los automotores con una tasa de crecimiento de 8,75% anual (Ver Anexo G). Con este antecedente se analizó las medidas de mitigación en el sector que han sido propuestas por el gobierno y se plantea otras medidas con el fin de analizar las opciones más viables para el país.

Un escenario de mitigación, se construye a partir de proyecciones de información de los inventarios obtenidos, tomando en cuenta variables de crecimiento y supuestos para cada uno de los sectores donde hay fuentes de GEI. Otro tipo de escenarios es el que se genera a partir de “paquetes de opciones de mitigación”, que desvían la tendencia habitual de las emisiones.

Utilizando herramientas complementarias podemos también estudiar el impacto y los beneficios de los diferentes escenarios económicos, tecnológicos y políticos. Para este caso de estudio se utilizó LEAP (Sistema de Planeamiento de Alternativas Energéticas de Largo Plazo) como herramienta para modelar escenarios energéticos y ambientales. Sus escenarios se basan en balances integrales sobre la forma en que se consume, convierte y produce energía en una región o economía determinada, según una gama de hipótesis alternativas de población, desarrollo económico, tecnología, precios, y otras características. Dada su flexible estructura de datos, LEAP permite realizar análisis con una gama de información en especificación, tecnología y detalle de consumo final, de la manera que se desee y en base a la información con la que se cuenta. Además presenta la ventaja de ser fácil de utilizar y modificar en caso de no satisfacer cierta información con exactitud y requiera de modificaciones.

### **4.1. Escenarios de precios.**

El Ecuador perdió USD 1 603 millones en subsidios de combustibles entre el primer semestre del 2012[17]. Esto crea un desequilibrio económico, ya que estos recursos pueden destinarse a obras para el país. Por ello una de las principales opciones de mitigación de emisiones es eliminar los subsidios con la hipótesis de que esto cree un menor consumo de combustibles fósiles y así reducir las emisiones de GEI ocasionadas por el transporte.

Este análisis corresponde a escenarios con línea base en donde los precios se mantienen constantes, y se analiza el comportamiento de la demanda de combustibles, creando un escenario con la eliminación paulatina de subsidios en cuatro periodos de tiempo a partir del 2013.

Si bien es recomendable que a mediano plazo los combustibles en el país se comercialicen a precios internacionales, a nivel político es una solución con muchos riesgos. Por ello un estudio del Ministerio Coordinador de la Producción muestra una solución, en donde los subsidios se den en varios periodos de tiempo. Estos periodos no definidos en este estudio se plantean se den desde el 2013, además los escenarios se evalúan en 30 años puesto que son medidas necesarias en corto plazo.

**Cuadro 25. Incremento porcentual de los subsidios con política gradual**

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
GLP	648.6%	6.7%	6.3%	5.9%
Diesel 1	96.5%	16.4%	14.1%	12.3%
Diesel 2	68.4%	14.1%	12.4%	11.0%
Gasolina Extra	49.3%	8.9%	8.2%	7.6%
Gasolina Súper	25.4%	6.8%	6.3%	5.9%
Jet Fuel	58.1%	12.2%	10.9%	9.8%
Fuel Oil	62.6%	12.8%	11.4%	10.2%
Pesca Artesanal	63.8%	13.0%	11.5%	10.3%
Spray Oil	37.4%	9.1%	8.3%	7.7%
Solventes	22.0%	6.0%	5.7%	5.4%
Residuo	180.2%	21.4%	17.7%	15.0%

**Fuente:** MIPRO, Propuesta de eliminación de subsidios, Quito, 2010 p. 28

**Cuadro 26. Incremento de precios.**

		Período 1			Período 2			Período 3			Período 4		
		Precio Nacional	Precio Internacional	Precio Ponderado	Precio Nacional	Precio Internacional	Precio Ponderado	Precio Nacional	Precio Internacional	Precio Ponderado	Precio Nacional	Precio Internacional	Precio Ponderado
GLP	Precios domésticos diferenciados	1.67	15.06	12.54	6.14	15.06	13.38	10.60	15.06	14.22	15.06	15.06	15.06
	Precios domésticos internacionales	15.06	15.06	15.06	15.06	15.06	15.06	15.06	15.06	15.06	15.06	15.06	15.06
	Ponderadores	18.9%	81.1%		18.9%	81.1%		18.9%	81.1%		18.9%	81.1%	
Diesel 1	Precios domésticos diferenciados	0.80	2.36	1.58	1.32	2.36	1.84	1.84	2.36	2.10	2.36	2.36	2.36
	Precios domésticos internacionales	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36
	Ponderadores	50.0%	50.0%		50.0%	50.0%		50.0%	50.0%		50.0%	50.0%	
Diesel 2	Precios domésticos diferenciados	0.80	1.93	1.35	1.18	1.93	1.55	1.55	1.93	1.74	1.93	1.93	1.93
	Precios domésticos internacionales	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93
	Ponderadores	51.0%	49.0%		51.0%	49.0%		51.0%	49.0%		51.0%	49.0%	
Gasolina Extra	Precios domésticos diferenciados	1.17	2.21	1.75	1.52	2.21	1.90	1.86	2.21	2.06	2.21	2.21	2.21
	Precios domésticos internacionales	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21
	Ponderadores	44.7%	55.3%		44.7%	55.3%		44.7%	55.3%		44.7%	55.3%	
Gasolina Súper	Precios domésticos diferenciados	1.50	2.26	1.88	1.75	2.26	2.01	2.01	2.26	2.14	2.26	2.26	2.26
	Ponderadores	50.0%	50.0%		50.0%	50.0%		50.0%	50.0%		50.0%	50.0%	
Jet Fuel	Precios domésticos diferenciados	1.04	2.25	1.64	1.44	2.25	1.85	1.85	2.25	2.05	2.25	2.25	2.25
	Precios domésticos internacionales	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25
	Ponderadores	50.0%	50.0%		50.0%	50.0%		50.0%	50.0%		50.0%	50.0%	
Fuel Oil	Precios domésticos diferenciados	0.85	1.92	1.38	1.21	1.92	1.56	1.56	1.92	1.74	1.92	1.92	1.92
	Precios domésticos internacionales	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92
	Ponderadores	50.0%	50.0%		50.0%	50.0%		50.0%	50.0%		50.0%	50.0%	

**Fuente:** MIPRO, Propuesta de eliminación de subsidios, Quito, 2010, p. 29

Al utilizar los datos del Inventario de GEI podemos obtener los escenarios de mitigación en cuanto a precios como el que se presenta a continuación. Sin embargo la información de los datos de emisiones desde los años 1990 nos permitirá una mejor apreciación de la creciente economía del país ya que estos últimos años el desarrollo es un tanto inusual y se provee que este se detenga o disminuya con el paso del tiempo.

Los escenarios que se han elaborado son escenarios en los cuales se plantea una eliminación periódica de subsidios. Es importante conocer cuando disminuyen las emisiones de CO<sub>2</sub> si se incrementa los precios. Además debido a la posible escasez de combustibles se crea un escenario con precios más altos, pues se puede dar el caso, en que estos precios no crezcan tan solo en función de la inflación, sino en función de su disposición.

**4.1.1. Escenario “Business as Usual”.** El primer escenario (Business as usual, BAU) que se presenta, nos da una idea de la evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub> si el consumo de combustibles se mantiene con el mismo incremento que los últimos años a un precio nacional como el que se indicó en el cuadro anterior, con la tasa de inflación del año base (4,16%).

Para la construcción del escenario BAU se utilizó las principales variables macroeconómicas del país como son las siguientes:

**Cuadro 27. Datos Macroeconómicos del Ecuador**

<b>Datos</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Inflación	4,16	%
Año Base	2012	-
Población	14*	Millones
Tasa de crecimiento poblacional	1,419	%
Primer año de escenario	2013	-
PIB per capital	4052	\$
Tasa de crecimiento del PIB per capital	3,58	%

\*Último censo 2010 INEC

**Fuente:** INEC, Reporte Anual 2010 y 2011, Quito, pp. 29-113.

La tasa de crecimiento tiende a disminuir, por lo que para el estudio se consideró los datos proporcionados por la UNFPA (United Nations Population Fund), en donde hacen proyecciones de la tasa de crecimiento poblacional al 2100 con un error muy bajo.

Cuadro 28. Población del Ecuador

Año	Tasa de crecimiento de la población
2010	1,50
2015	1,32
2020	1,15
2025	0,98
2030	0,82
2035	0,66
2040	0,51

Con la tasa de crecimiento de emisiones considerada anteriormente se obtiene el siguiente escenario que nos indica un incremento en las emisiones de CO<sub>2</sub> en mayor proporción originado por el transporte terrestre, si no se aplica medidas de mitigación estas podrían llegar a crecer hasta en un 3,81% al 2040.

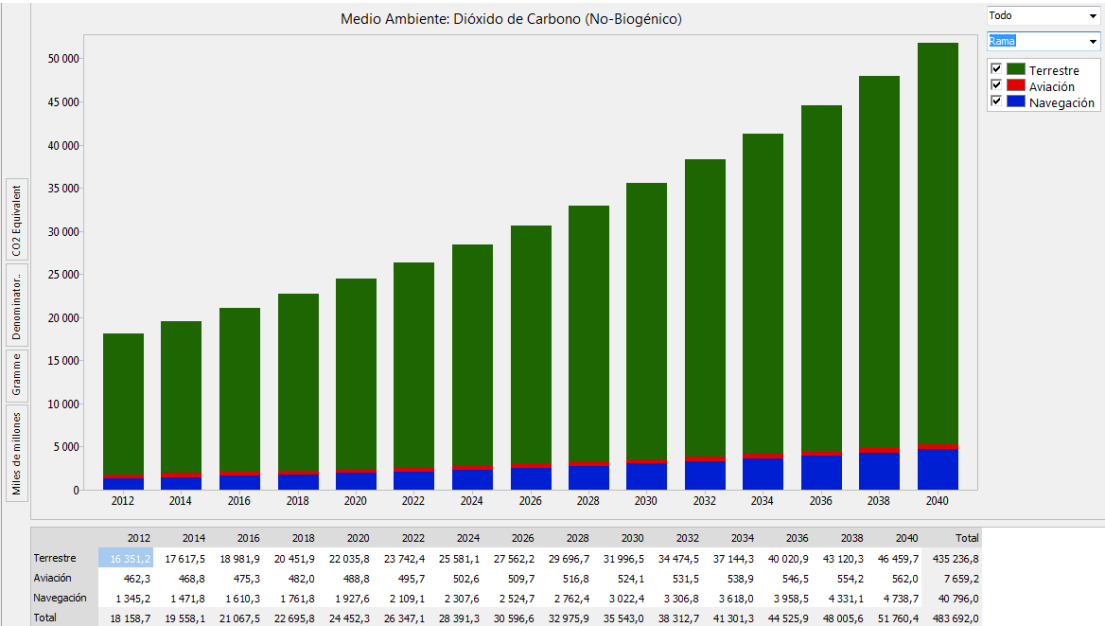
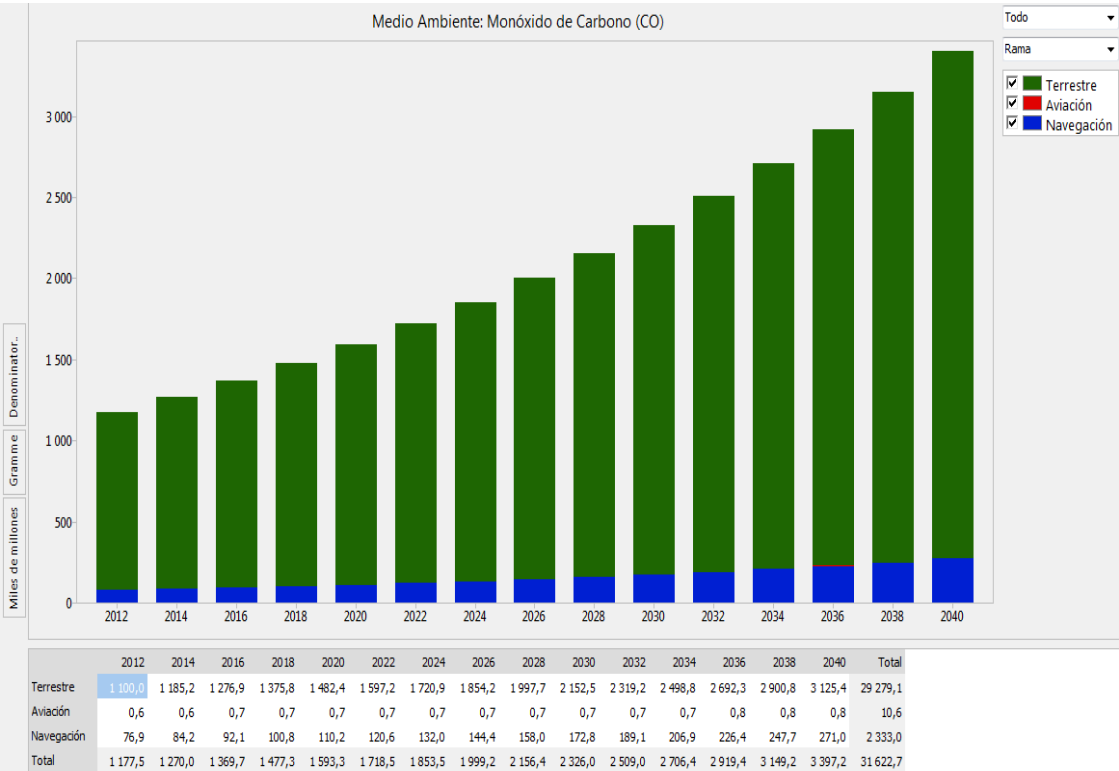


Gráfico 56. Emisiones de CO<sub>2</sub> del transporte- Escenario BAU

Como podemos observar en el gráfico anterior el crecimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub> es alto y la tasa de crecimiento es del 3,81%. Además el transporte terrestre es el principal responsable de las emisiones de CO<sub>2</sub> por su alto consumo de derivados del petróleo.

Otro análisis que LEAP permite determinar son las evoluciones de las emisiones de los principales gases de invernadero, por lo que para fines de conocimiento se muestra las posibles evoluciones del CO al 2040, en donde nuevamente el transporte terrestre es el principal emisor.

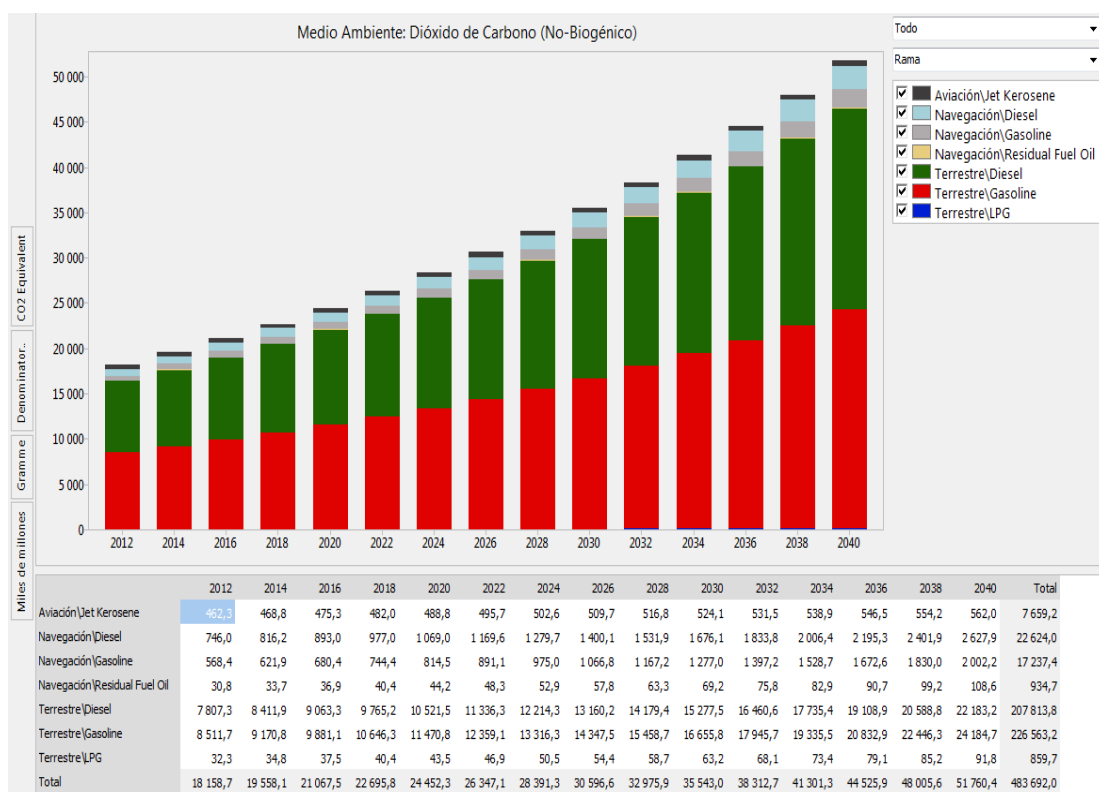


**Gráfico 57. Emisiones de CO al 2040 Escenario BAU**

De acuerdo con el siguiente gráfico se observa un esperado crecimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub>, con mayor crecimiento principalmente ocasionado por el consumo de diesel y gasolina en el transporte terrestre. El consumo de GLP se mantiene una tasa de crecimiento mucho menor, la cantidad consumida a nivel del país no representa un alto porcentaje de consumo por consecuencia las emisiones son menores, de esto se puede decir que es favorable el uso de GLP por la cantidad de emisiones que puede ocasionar.

El transporte terrestre es el mayor problema del país, sin embargo es importante conocer las emisiones por cada tipo de combustible, después del transporte terrestre la navegación y la aviación no representan un alto porcentaje de emisiones.





**Gráfico 58. Emisiones de CO<sub>2</sub> por tipo de combustible y transporte**

En la navegación el fuel oil es el de mayor participación en emisiones de CO<sub>2</sub>, seguidos por el diésel y la gasolina, por lo que es indispensable buscar alternativas para mejorar las tecnologías de vehículos y así disminuir el consumo de estos combustibles.

**4.1.2. Escenario de eliminación de subsidios.** A continuación tenemos el siguiente escenario en donde consideramos la elasticidad precio de la demanda, para poder determinar el comportamiento de las emisiones de CO<sub>2</sub> si es que se eliminan los subsidios en los combustibles.

Para esto se supone una elasticidad precio demanda de gasolina igual a -0,073 (Alyousef, 2011), este valor corresponde a largo plazo ya que suponemos un escenario de 30 años. El contar con poca información de nuestro país se tomó como referencia la elasticidad precio demanda de Venezuela, ya que este país al igual que Ecuador presenta un alto subsidio en combustibles, en el caso de los otros derivados del petróleo se tomó los valores de Chile. Bajo esta referencia se determinó la demanda de combustibles con cada incremento propuesto por el MIPRO y se estimó las emisiones de CO<sub>2</sub>.

**Cuadro 29. Elasticidad Precio Demanda-Chile**

Combustible	Elasticidad
Gasolina Terrestre	0,073
Diesel Terrestre	0,04
GLP Terrestre	0,17
Jet Aviación	0,041
Gasolina Navegación	0,073
Diesel Navegación	0,04
Fuel Oil Navegación	0,073

La elasticidad precio demanda se comporta de manera exponencial, en caso de pequeños cambios en el precio se puede considerar un comportamiento lineal. Para la elaboración del escenario se utilizó la ecuación exponencial, ya que los cambios de precio son altos y el subsidio del GLP y el tener valores negativos de demanda no es una correcta estimación.

$$Q2 = \frac{(p2)^{EP}}{k} \quad (\text{Ec-5})$$

$$k = \frac{(p1)^{EP}}{q1} \quad (\text{Ec-6})$$

Dónde:

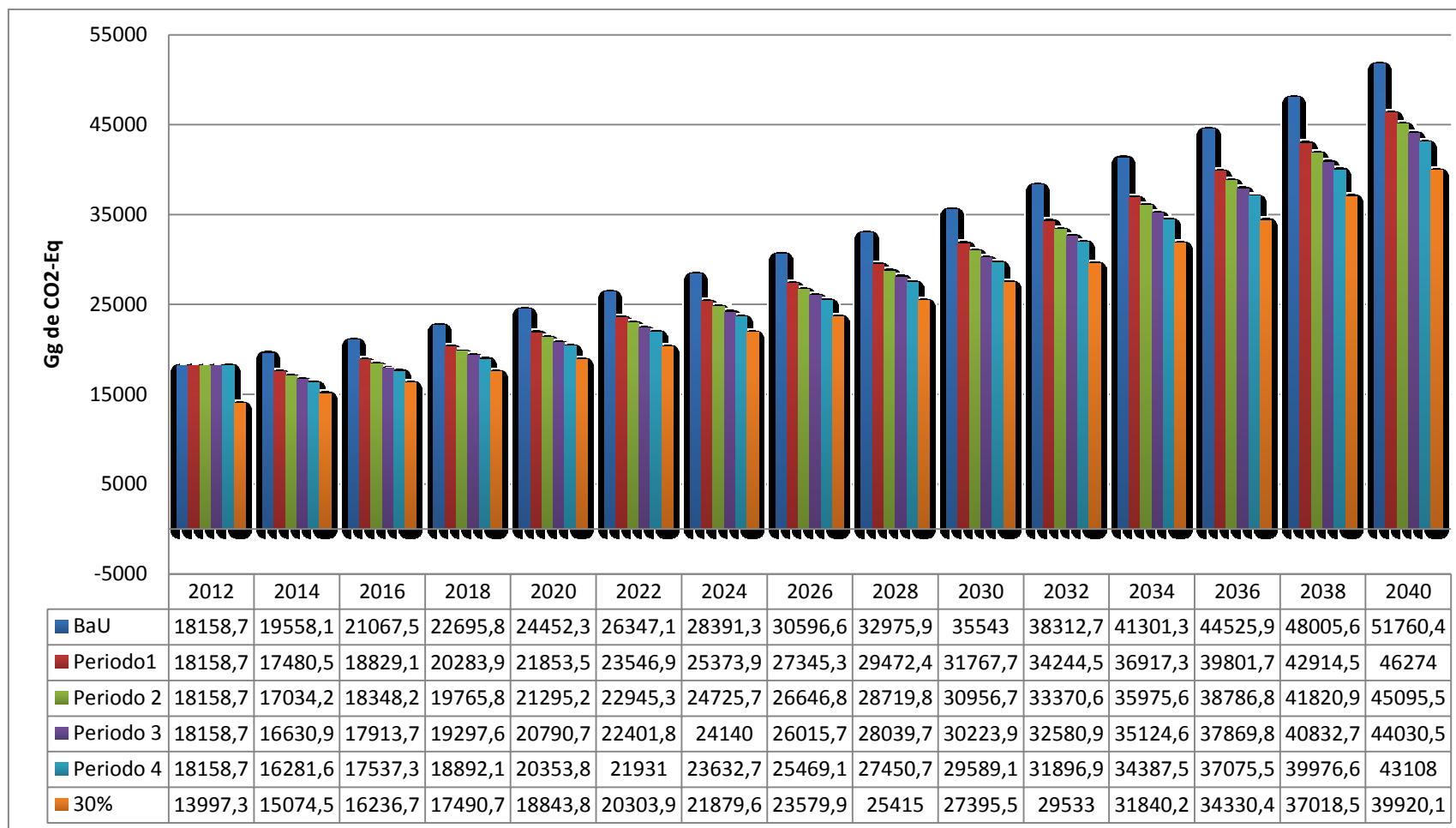
Q= Demanda de Combustibles

EP=Elasticidad Precio demanda

p= Variación del precio con relación a la demanda

**Cuadro 30. Demanda de combustibles**

<b>Tipo de Combustible</b>	<b>Ec. Lineal</b>	<b>Precio, USD</b>	<b>Ec. Lineal, TJ</b>	<b>Ec. Exp, TJ</b>
<b>Gasolina Terrestre</b>	Q=133211,88-6763,34*P	1,82	120936,42	99483,21
		1,96	119989,55	94230,74
		2,10	119008,87	89435,44
		2,24	118062,00	85319,57
		2,91	113530,56	70483,56
<b>Diesel Terrestre</b>	Q=110708,67-5327,34*P	1,47	102877,48	103985,15
		1,70	101652,19	103382,27
		1,92	100480,18	102880,24
		2,15	99254,89	102415,68
		2,80	95792,12	101339,25
<b>GLP Terrestre</b>	Q=677,47-58,94*P	12,54	-61,64	411,02
		13,38	-111,15	406,51
		14,22	-160,66	402,33
		15,06	-210,17	398,42
		19,58	-476,58	381,03
<b>Jet Aviación</b>	Q=6595,47-251,19*P	1,64	6183,52	6253,79
		1,85	6130,77	6222,97
		2,05	6080,53	6196,83
		2,25	6030,29	6173,23
		2,93	5859,48	6106,75
<b>Gasolina Navegación</b>	Q=8895,26-451,62*P	1,82	8075,57	8108,48
		1,96	8012,34	8064,62
		2,10	7946,86	8022,60
		2,24	7883,63	7984,90
		2,91	7581,05	7833,81
<b>Diesel Navegación</b>	Q=10587,67-509,02*P	1,47	9839,41	9935,25
		1,70	9722,34	9877,65
		1,92	9610,35	9829,68
		2,15	9493,28	9785,29
		2,80	9162,41	9682,45
<b>Fuel Oil Navegación</b>	Q=455,80-36,48*P	1,38	405,46	410,03
		1,56	398,89	406,37
		1,74	392,32	403,15
		1,92	385,76	400,26
		2,50	364,60	392,62



**Gráfico 59. Escenarios Precios**

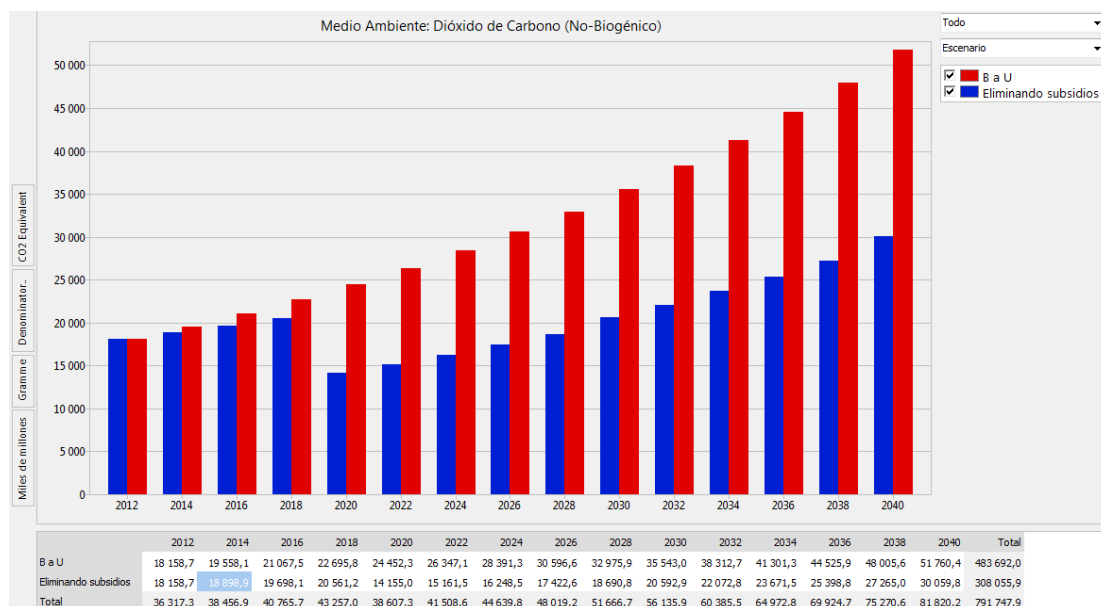
Al disminuir la demanda de combustibles se reducen las emisiones de CO<sub>2</sub>, sin embargo a largo plazo no es una solución porque se mantiene la tendencia de incremento de emisiones, lo ideal sería eliminar esta tasa de crecimiento de manera negativa o con menor pronunciación, pero es una buena opción ante la tentativa de no adoptar medidas de mitigación.

Ante este cambio en la demanda de combustibles, las emisiones disminuyeron de 483692,0 Gg de CO<sub>2</sub> Eq a 39976,6 Gg de CO<sub>2</sub> del total hasta el 2040; en el caso de llevar los precios de los combustibles a precios internacionales. Con cerca de un 7,7% anual la disminución de emisiones de CO<sub>2</sub>. Esta alternativa tentadora puede ser combinada con otras medidas para lograr una mayor disminución de emisiones. Pero hay que tener en cuenta que este escenario es demasiado optimista, ya que eliminar completamente los subsidios de combustibles en el país para cualquier gobierno representa un riesgo social muy alto, sin embargo llegará un punto en el que el país no pueda mantener subsidios y se vea obligado a su eliminación de forma parcial o total.

La opción más viable es la eliminación de subsidios como indica el periodo 2 con reducción de emisiones de cerca del 12,9% del total de emisiones al 2040, una opción viable para el país a corto plazo a pesar de que representa el mismo riesgo social, pero puede ser más aceptado por la sociedad. Para ser más aceptable esta alternativa y a fin de evitar problemas a nivel social se puede optar por medidas de excepciones, tanto para transporte de carga como de pasajeros. Una de esas medidas es que los buses destinado al transporte público y transporte de carga puede mantener el subsidio más no el transporte privado que es el principal emisor de GEI con su alto número de unidades en las principales ciudades del país (Ver anexo G). Esto implicará la colaboración de instituciones públicas y privadas para la distribución de combustibles y el control por parte de las entidades responsables del expendio de combustibles.

A pesar de la eliminación de los subsidios es bueno considerar que la escases de combustibles en un futuro, puede llevar a un incremento de los precios, esto va relacionado con la elasticidad de precio demanda, pues si la demanda disminuye los precios van aumentar. Una estimación es ver como disminuye la demanda cuando los precios aumentan en un 30% en caso de existir escases de petróleo, como se observa en el gráfico anterior hay mayor reducción de emisiones.

A continuación se muestra un escenario de elasticidad precio demanda cruzada. Esto relaciona las emisiones si el precio de los combustibles llega a precios internacionales cuando disminuye la demanda; y el aumento del precio si la oferta disminuye en un 33% al 2020, según lo estimado en los pronósticos de la producción petrolera.



**Gráfico 60. Emisiones de CO<sub>2</sub>-Disminución de la Producción de Petróleo**

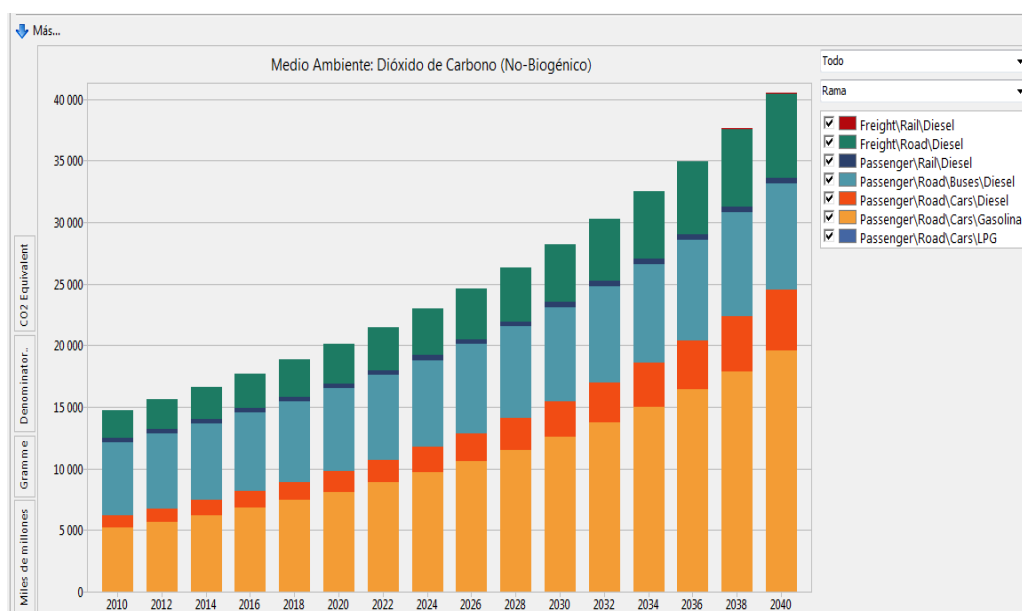
Como se puede observar se reducen en 36,31 % las emisiones al disminuir la oferta de combustibles, sin embargo el precio del galón de gasolina puede llegar hasta 6,12\$ en el 2030.

## 4.2. Escenarios Tecnológicos

En cuanto a la mejora de la tecnología se creó un escenario basado en el transporte de pasajeros y carga, e intensidades energéticas de transporte pesado y liviano, tomando como referencia el 2010 por la falta de información actual. A su vez, esto permite comparar los resultados obtenidos utilizando el software de la metodología IPCC con las proyecciones del simulador LEAP.

**4.2.1. Escenario “Businnes as Usual”.** El estudio se enfocó nuevamente en el transporte terrestre. Para la proyección del número de vehículos al 2040 se utilizó el modelo (doble exponencial o modelo de Gompertz) que correlaciona el número de vehículos por persona con el PIB por persona [19].

El escenario de referencia se consideró el transporte de pasajeros (3,5 personas/vehículo en promedio) y el transporte cargar (136 ton/km,. Las intensidades de combustibles utilizados de acuerdo a las dos categorías mencionadas se consideran por el combustible utilizado gasolina (12 Km/Litros), diesel (7 Km/litro) y GLP (9 Km/litro). [20]



**Gráfico 61. Emisiones de CO<sub>2</sub> por tipo de transporte**

Las emisiones de CO<sub>2</sub> en este escenario son similares al anterior metodo basado en los precios, sin embargo la tasa de crecimiento es menor ya que este indica que el transporte de pasajeros crece con la tasa de crecimiento de los ingresos y la capacidad de transportación siendo función de la tasa de crecimiento poblacional como se indica en la anterior tabla, razón por la que se justifica una tasa de incremento menor (3,46%).

**Cuadro 31. Emisiones del Escenario Business as Usual**

	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030	2032	2034	2036	2038	2040	Total
Freight(Rail/Diesel)	17,65	19,03	20,51	22,10	23,82	25,67	27,67	29,82	32,14	34,64	37,33	40,24	43,37	46,74	50,37	54,29	525,37
Freight(Road/Diesel)	2 223,81	2 396,76	2 583,16	2 784,06	3 000,59	3 233,95	3 485,46	3 756,53	4 046,69	4 363,56	4 702,93	5 068,68	5 462,89	5 887,75	6 345,65	6 839,17	66 183,65
Passenger(Rail/Diesel)	336,94	344,76	352,76	360,94	369,32	377,89	386,65	395,62	404,80	414,19	423,80	433,64	443,70	453,99	464,52	475,30	6 438,84
Passenger(Road/Buses/Diesel)	5 939,99	6 089,92	6 243,64	6 401,23	6 562,80	6 728,45	6 898,28	7 072,39	7 250,91	7 433,92	7 621,56	7 813,93	8 011,16	8 213,37	8 420,68	8 633,22	115 335,45
Passenger(Road/Cars/Diesel)	962,28	1 073,22	1 196,96	1 334,96	1 488,87	1 660,53	1 851,98	2 063,50	2 303,64	2 569,23	2 865,44	3 195,81	3 564,27	3 975,20	4 433,52	4 944,67	39 486,08
Passenger(Road/Cars/Gasolina)	5 219,99	5 700,24	6 224,69	6 797,38	7 422,76	8 105,68	8 851,44	9 665,80	10 555,09	11 526,19	12 586,64	13 744,66	15 009,22	16 390,12	17 898,07	19 544,75	175 242,73
Passenger(Road/Cars/LPG)	1,04	1,21	1,40	1,62	1,88	2,18	2,52	2,92	3,38	3,92	4,54	5,25	6,08	7,05	8,16	9,45	62,60
Total	14 701,71	15 625,15	16 623,11	17 702,30	18 870,04	20 134,34	21 503,99	22 988,59	24 599,64	26 345,66	28 242,25	30 302,21	32 540,68	34 974,21	37 620,98	40 500,86	403 274,71

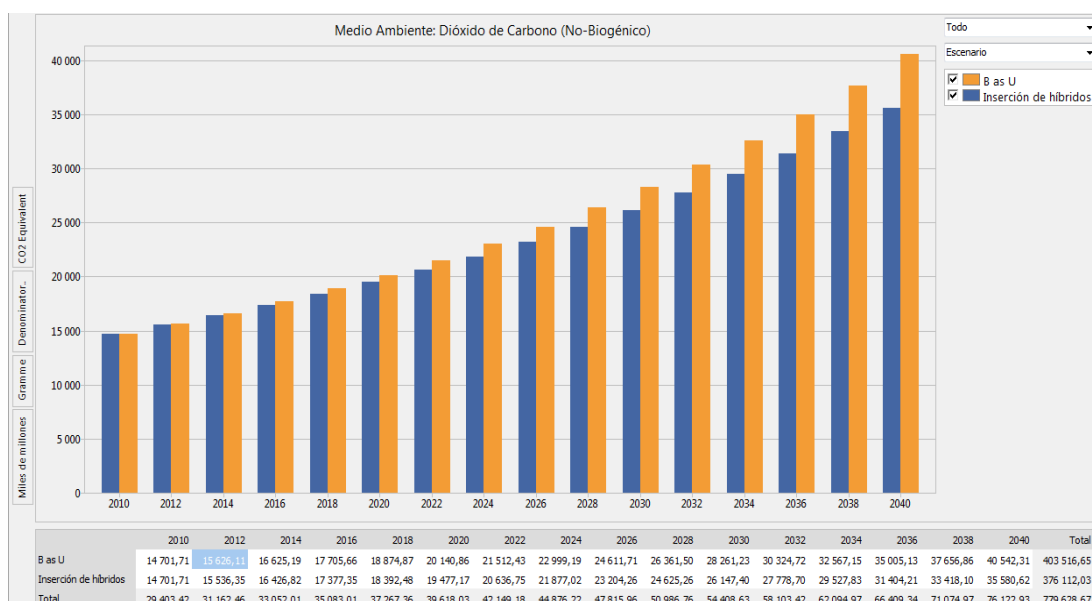
**4.2.2. Reduciendo la intensidad Energética.** Es este escenario para reducir la intensidad energética, se plantea una inserción de automóviles híbridos, esto implica un ahorro de combustibles y disminución de la intensidad energética. Un estudio de realizado en la Escuela Politécnica del Ejercito muestra los siguientes resultados en autos híbridos.

**Cuadro 32. Rendimiento de combustibles en Híbrido**

Zona	Distancia	Velocidad Promedio	Consumo de Combustible
Carretera: Latacunga-Ambato-Latacunga	100 Km.	80 Km/h	7 litros
Carretera: Latacunga-Quito-Latacunga	160 Km.	90 Km/h	9,45 litros
Ciudad	100 Km.	34 Km/h	5,5 litros
Ciudad (5 min vehículo en ralenti)	0 Km.	0 Km/h	0 litros

**Fuente:** Castillo F., TORRES A., Análisis de rendimiento, consumo y emisiones generadas por los vehículos híbridos, Latacunga, 2011.

Con este antecedente se estima una disminución de la intensidad energética llega de 20 a 50% con respecto a la actual. Además la inserción de vehículos híbridos crecerá de acuerdo a las ventas que se espera de estos; en promedio para este periodo de tiempo se espera un incremento en ventas del 6,25% [21] a nivel mundial que para fines de estudio lo adoptaremos a nuestro país.



**Gráfico 62. Escenario con inserción de híbridos**

La inserción de híbridos en un 6,25% del parque automotor, representa una disminución de alrededor de 6,79% en las emisiones de CO<sub>2</sub> [22]. Es una disminución importante en cuanto a GEI, tomando en cuenta que el porcentaje de vehículos híbridos es bajo comparado con los de combustión interna. Se espera una mayor inserción de vehículos híbridos para disminuir en mayor cantidad las emisiones de GEI, un punto a favor es la liberación de los impuestos de importación de este tipo de tecnología para que ocupen un mayor espacio en el parque automotor, siempre y cuando no superen un cilindraje de 2000 cm<sup>3</sup>.



La disminución de CO es mayor en comparación con el CO<sub>2</sub> con esta implementación se logra una disminución de 16% del total. Por lo que es una medida muy apta si consideramos que el CO tiene un mayor tiempo de vida en la atmósfera.



**Gráfico 63. Emisiones de CO**

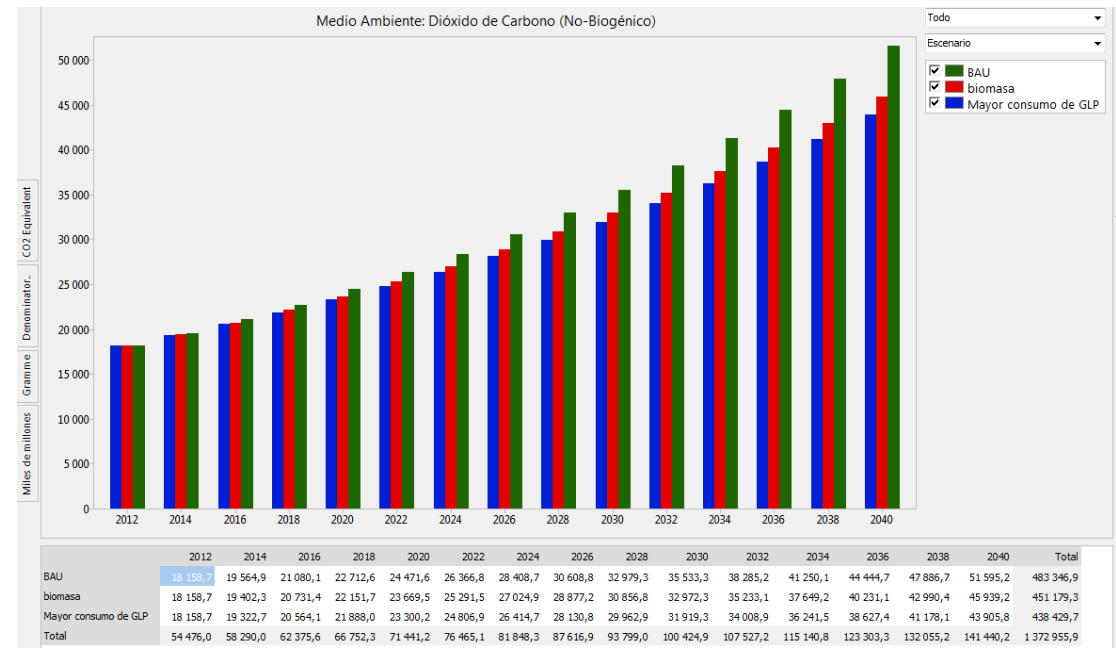
**4.2.3. Fuentes alternativas de energía.** En los últimos años se ha cuestionado el uso de GLP porque de alguna manera resulta ser una fuente de energía no renovable y la baja cantidad de reservas en el país. Para este estudio consideramos la implementación de GLP en autos destinados al transporte de pasajeros. Tal es el caso de taxis que en ciertas provincias del país ya están funcionando y resulta ser una alternativa como fuente más limpia de energía en comparación a los combustibles tradicionales.

El uso de GLP mejora en un 15% las emisiones de CO<sub>2</sub> comparado con la gasolina y 10% comparado con el diesel. (Soria, 2012). En cuanto a la demanda energética un consumo de GLP del 8% tal como el de los últimos 6 años, ocasiona una disminución en el 10% del uso de la gasolina tradicional [23].

Otra fuente alternativa es el uso de biocombustibles, en el Ecuador desde el 2010 en la provincia de Galápagos y en Guayaquil se utiliza una mezcla de gasolina con etanol obtenido de la caña de azúcar, en una proporción de 95% gasolina y 5% etanol. El consumo de estos ha ido creciendo en 1,52%, sin embargo el MIPRO (Ministerio de la Producción espera alcanzar un 10% al 2015 y llevar la calidad de esta mezcla a un porcentaje de 20% etanol y 80% gasolina hasta el 2020.

Un estudio de ciclo de vida de los biocombustibles en Colombia muestra que “El uso de la mezcla de gasolina 95% y etanol 5%, permite disminuir 8 g de CO<sub>2</sub>/Km recorrido, además no requiere de modificaciones en el motor de los vehículos.” [24]

Si en el país la mezcla gasolina-etanol llega a ser el 10% de la cantidad que se demanda año a año en el país, la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> se afectaría de la siguiente forma:



**Gráfico 64. Fuentes Alternativas de Energía**

La tasa media de crecimiento al 2040 es de 3,5% en el escenario BaU, mientras que para la biomasa es de 3,37% y para el caso del GLP es de 3,2%. El gráfico nos da una idea de la medida más eficiente energéticamente, indicándonos que el emplear el uso de GLP reduce en mayor cantidad (14,90% del total) las emisiones de CO<sub>2</sub>, de acuerdo a la demanda de combustibles. La opción de usar GLP no es muy conveniente ya que no podemos olvidar que el GLP o el GN son recursos no renovables que en algún momento llegaran a agotarse; además el uso del GLP implica una modificación en los motores de los vehículos y al momento en el país se encuentra limitado a transporte liviano.

En cuanto al uso de la mezcla gasolina-etanol es importante considerar el debate que en los últimos años ha tomado fuerza sobre el origen de los biocombustibles y la posible escases alimenticia, al usarlos como fuente de energía. Por lo que medidas como estas no pueden ser desarrolladas en su totalidad y deben ser combinadas con el resto de medidas de mitigación propuestas.

### 4.3. Escenarios de Políticas.

De acuerdo con la Constitución del Ecuador:

Art. 413: El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.

Art. 414: Estado adoptará medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático, mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero, de la deforestación y de la contaminación atmosférica.

Ante esto el Estado se debe encargar de gestionar políticas que permitan reducir la contaminación en nuestro país. Para ello ya se han iniciado ciertas medidas de prueba en el sector transporte a nivel nacional. Ciudades como Quito, Cuenca cuenta ya con un Plan de Movilidad el mismo que busca reducir los problemas en el transporte de pasajeros y carga. Entre una de las medidas tenemos a nivel nacional la chatarrización de vehículos que no son eficientes y han cumplido su vida útil. Como medidas alternas y enfocándonos en país desarrollados con éxito en el manejo de estas emisiones, planteamos escenarios con medidas a considerar.

**4.3.1. Chatarrización.** En el 2008 se empleó El Plan de Renovación Vehicular (RENOVA), auspiciado por el Gobierno que debía terminar en 2010, se extiende por tres años más con la proyección de chatarrizar al menos 3 878 carros viejos con una inversión de \$17 millones solo en el subsidio que implica la entrega del certificado de derecho a la chatarrización.

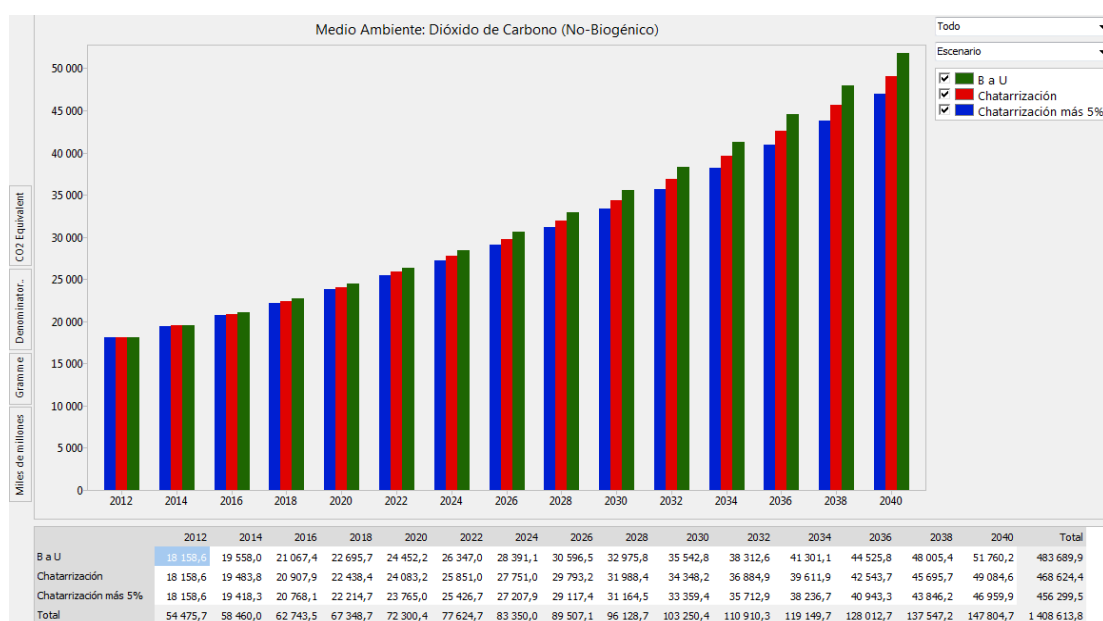
El programa fue lanzado por el Gobierno con un plazo de dos años para actualizar el parque automotor del transporte público (taxis, expresos escolares, buses y transporte pesado). Este hecho permite que los motores sean más eficientes y las emisiones de CO2 menores.

La chatarrización comprende vehículos de antigüedad de mínimo 10 años y son entregados en las aceras de ADELCA Y ANDEC.

**Cuadro 33. Galones de combustibles ahorrados (2008-2012)**

	Tipo de vehículo		Unidades	Km recorrido anual	Ahorro en gal
<b>Taxi</b>	Liviano	Automóvil	6795	65000	14053295
<b>Carga Liviana</b>	Liviano	Camioneta	797	37400	1266832
	Mediano	Camión	54	37440	85925
<b>Transporte Escolar</b>	Mediano	Furgoneta	1081	23040	622656
	Mediano	Microbús	34	23040	46629
	Pesado	Bus	349	23040	478629
<b>Transporte Urbano</b>	Mediano	Furgoneta	2	57600	4320
	Mediano	Microbús	49	57600	168000
	Pesado	Bus	571	57600	1957714
<b>Transporte Interprovincial/ Intraprovincial</b>	Mediano	Furgoneta	3	43200	3240
	Mediano	Microbús	48	43200	123429
	Pesado	Bus	777	43200	1998000
<b>Transporte Carga Pesada</b>	Pesado	Volqueta/Camión	410	37440	913714
	Pesado	Tracto Camión	88	37440	196114
<b>TOTAL</b>			<b>11058</b>		<b>21918497</b>

El consumo de combustibles disminuyó en un 0,89% de gasolina solo en el transporte liviano, el siguiente escenario es una proyección de las emisiones de CO<sub>2</sub> si se continúa con esta medida durante el resto de años. Si se continua con esa tasa de crecimiento se remueve cerca de 100 Gg de CO<sub>2</sub>, pero en un tercer escenario se plantea incrementar esta chatarrización a un 5% siempre y cuando esta medida ya no sea opcional sino sea obligatoria, pero cabe recalcar que esto implicaría un rango de antigüedad entre 15 a 20 años.



**Gráfico 65. Emisiones de CO<sub>2</sub> por chatarrización**

De acuerdo a la ordenanza actual de chatarrización, las emisiones disminuirían en un 3,11% con respecto al escenario BaU del total de emisiones; mientras si se usa cambiar las tecnologías deficientes en un 5% más, la disminución es de 5,66%.

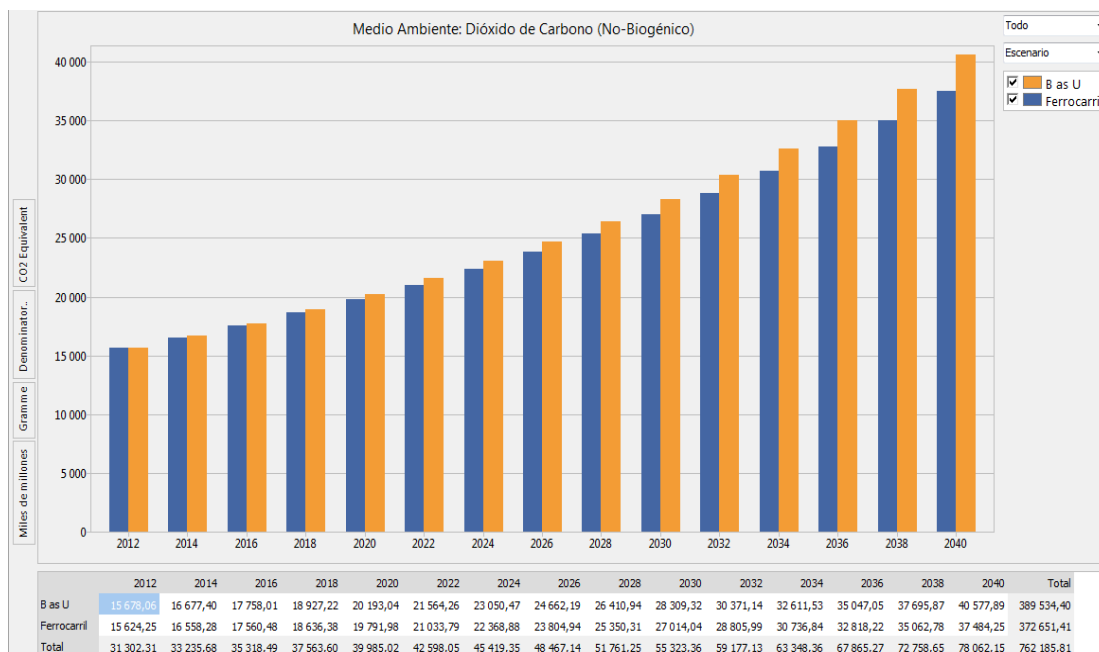
**4.3.2. Implementación del Ferrocarril.** El ferrocarril fue uno de los primeros medios de comunicación en el país, pero con el paso del tiempo cayó en deterioro y con ello se incrementó el uso de vehículos de combustión y convirtiéndose de uso exclusivo para el turismo.

El uso de ferrocarril en países de Europa es de gran apogeo, pues en la actualidad funcionan a electricidad y diesel, esto ha servido como modelo para que en la actualidad se encuentren mejorando las rutas y emplear este tipo de tecnología. No solo debemos pensar como una alternativa para el transporte de pasajeros sino también para el transporte de carga.

Esta implementación puede ayudar a disminuir el consumo de diesel por el transporte pesado, sin embargo hay que considerar que la falta de comunicación de las rutas solo cubriría ciertas zonas del país, por lo que el gobierno debe invertir para comunicar más lugares del país y resulta en una alternativa a largo plazo que necesita de tiempo para ser implementada.

El escenario que se plantea a continuación se estima una tasa de crecimiento del transporte de pasajeros de 6,5% que es la detectada en los últimos 6 años, además a partir del 2014 cuando se ponga en funcionamiento todas las rutas que están siendo rehabilitadas se estima el transporte por este medio crezca en un 8%. [25]

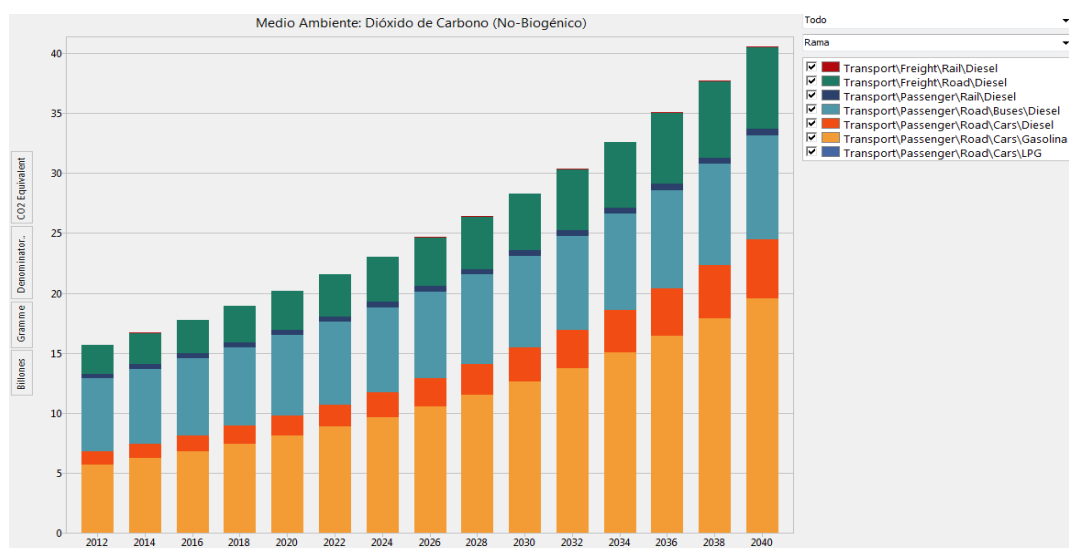
La propuesta de utilizar el ferrocarril como medio de transporte de carga nos lleva a plantear un crecimiento de este en un 5% tomando en cuenta que esto implica adaptar el diseño transportar carga. Pero para fines de estudio es un porcentaje que se adapta a la economía del país. Y no nos olvidemos que las locomotoras utilizan diesel con un 37% y electricidad 67%. [26]



**Grafico 66. Emisiones de CO<sub>2</sub> al implementar ferrocarril**

Como podemos ver en el gráfico anterior la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> representa apenas un 4,33%, originado por una baja la demanda de este tipo de transporte porque su adaptación implica colaboración de cooperativas destinadas a carga y la alta inversión en tecnología e infraestructura.

Una opción es utilizar tecnologías nuevas como locomotoras rápidas a base de energía eléctrica. Lo que implica adaptarse a este tipo de tecnologías y de grandes inversiones económicas. A pesar de ello podemos observar que la contaminación de la carga por tren solo se debe al diésel y es tan pequeña que no se puede apreciar.



**Grafico 67. Emisiones por tipo de combustible**

#### 4.4. Escenario con estudio caso en Quito.

La capital de Ecuador, Quito es una de las principales ciudades del país y a su vez es en donde se radican los principales problemas del sector transporte tanto en tráfico como en contaminación ambiental, ante esta problemática una de sus prioridades es el manejo medioambiental. Para ello ha desarrollado el Plan Maestro de Movilidad 2009-2025 (PMM), el mismo que nos indica las medidas a mediano y corto plazo con el fin de disminuir la contaminación ambiental y mejor manejo del tráfico.

**4.4.1. Transporte Público.** La propuesta general que se quiere lograr en lo relativo al transporte motorizado se enfoca en el cambio de la partición modal de los viajes o desplazamientos, los mismos que deben revertirse en cuanto a su tendencia para tener una movilidad sustentable y viable en términos de eficiencia. Este nuevo escenario implica la realización de profundos cambios en la gestión de la movilidad, en donde la provisión del transporte público en niveles de alta calidad y la racionalización del vehículo privado debe aplicarse de manera sostenida, de forma que se establezca una distribución de los viajes motorizados en una proporción de 30% a 70% a favor del transporte público.

“Desde el año 2009 la partición modal de los viajes en transporte público, mantendrá una proporción de al menos el 65%. Al año 2017 será del 70%, proporción que se mantendrá durante la vigencia del PM. La capacidad del sistema de transporte público del DMQ al año 2009 es de 2’550.000 pasajeros por día, siendo la demanda de 2’496.000 viajes, que representan el 65% del total de viajes motorizados en el Distrito”. [27]

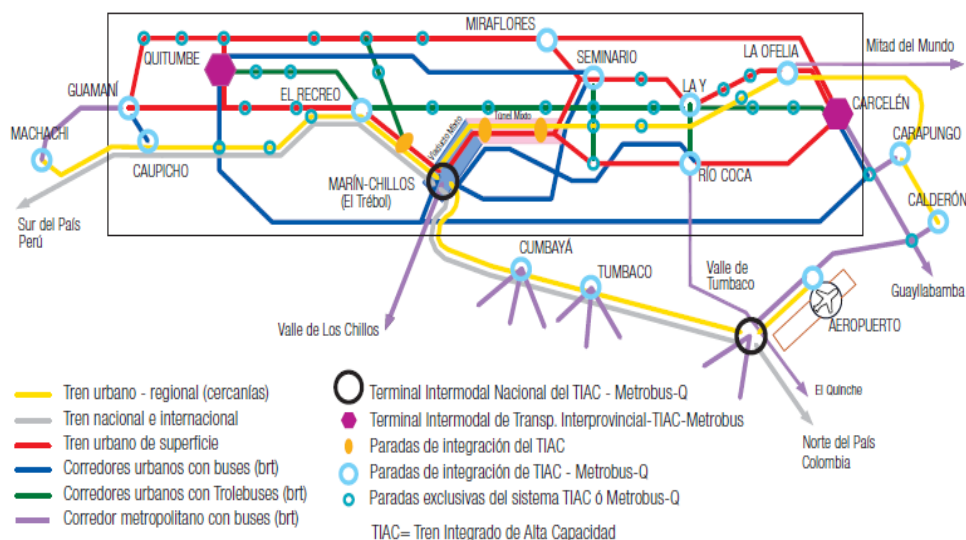
**Cuadro 34. Demanda de pasajeros en el transporte público en Quito**

OFERTA Y DEMANDA DEL SISTEMA METROBUS Q	2009	2013	2015	2017	2021	2025
DEMANDA TOTAL DE TP CRECIMIENTO NORMAL	2.496.460	2.796.366	2.983.167	3.182.447	3.579.863	4.026.908
DEMANDA MÁXIMA DE TP APLICANDO POLÍTICAS PMM	2.496.460	3.017.935	3.253.713	3.507.911	4.074.608	4.667.644
CAPACIDAD TOTAL SISTEMA METROBÚS-Q	2.550.000	2.647.920	2.912.638	3.203.820	3.364.011	3.532.212
CAPACIDAD METROBÚS-Q CON TREN URBANO (TRAQ)			3.162.638	3.603.820	4.114.011	4.732.212

Fuente: Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, Plan Maestro de Movilidad, 24 p.

Para el año 2013 se espera que la demanda, bajo las condiciones de crecimiento determinadas por la tendencia, ascendería a 2’800.000 pasajeros por día, razón por lo que se hace necesario el aumento de la capacidad del sistema Metrobus, en especial del Corredor Trolebus, que debería incrementar su capacidad en un 30%, esto es, de 260.000 a 340.000 pasajeros día, mientras que

el crecimiento requerido para los otros corredores debe ser en el orden del 10% en promedio para el mismo periodo.



Fuente: Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, Plan Maestro de Movilidad, Quito, p. 24

**Grafico 68. Red vial del transporte público en Quito**

**4.4.2. Mejor Infraestructuras.** Dentro del PMM un punto importante es el considerar el desarrollo de la zonas suburbanas del DMQ (valles contiguos a la ciudad de Quito), principalmente el de la zona Nor oriental, donde el proceso de urbanización se incrementa rápidamente ante el Nuevo Aeropuerto Internacional de Quito (NAIQ) con su Zona Franca y el Parque Industrial Itulcachi, significara un intenso crecimiento de transferencias, que involucre la provisión de diferentes tipos de servicio, asentamientos de nuevas áreas residenciales y comerciales, que requerirán de una conexión eficiente con la ciudad central Quito, por lo que la dotación de sistemas de alta capacidad sobre rieles debe ser satisfecha en concordancia con el sistema Tren Urbano de Quito propuesto. Este requerimiento se refuerza si se toma en cuenta además, que las largas distancias hacia estas zonas requerirán de servicios rápidos y que las vías vehiculares se irán saturando a lo largo del tiempo.

En consideración a lo expuesto, además se propone la incorporación de un servicio de transporte tipo riel que atienda la demanda de carga y pasajeros, así como el enlace de la ciudad central con el NAIQ, el área logística e industrial y las zonas residentes de toda la zona. Sería el primer tramo de tren de cercanía del DMQ.

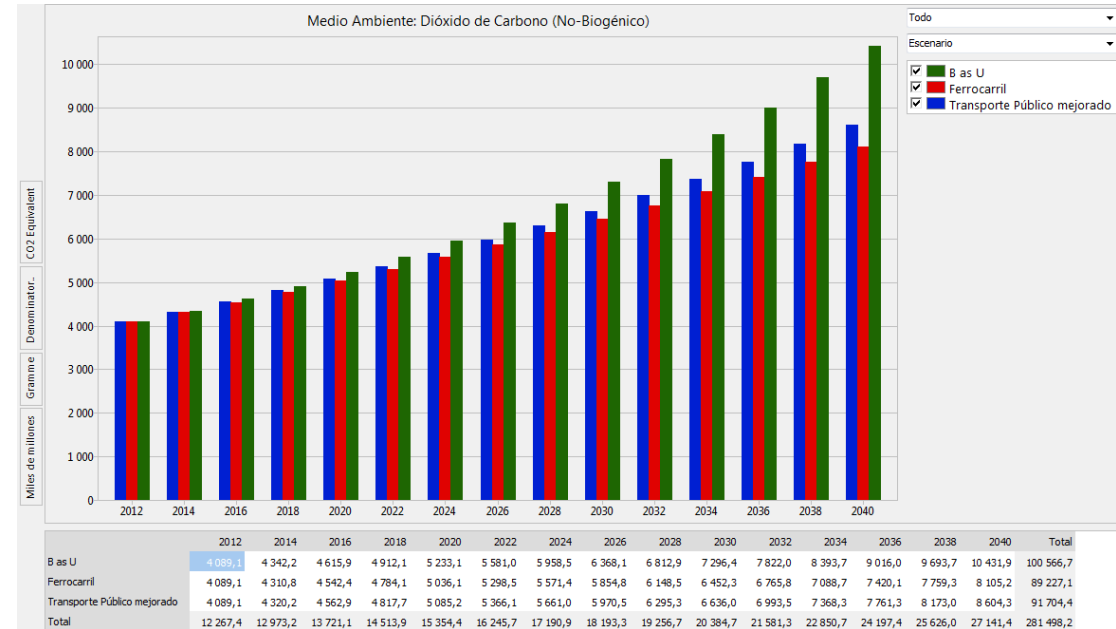
Con esta información, se plantea un escenario desde el punto de vista energético en donde se relaciona la disminución de pasajeros transportados por vehículos particulares y se mejora las condiciones de transporte público. Con esto se plantea incrementar el número de unidades de



sistemas integrados en un 30% conforme crezca la demanda de pasajeros, además con ello el número de personas transportadas es mayor por la capacidad de los mismos. Como consecuencia de ello se disminuye el consume de combustibles.

La creación de un tranvía en el 2015 permite la disminución del uso de vehículos en un 20% por el tiempo que implica el traslado de estos vehículos se espera una preferencia de este medio de transporte.

Bajo estos antecedentes se plantea un escenario para la ciudad de Quito en base la cantidad de pasajeros transportados y carga. Como base de crecimiento de la demanda de pasajeros, se estima la tasa de crecimiento de la población que rodea los 2, 24 millones de personas.



**Gráfico 69. Emisiones de CO<sub>2</sub> en Quito**

Las emisiones de CO<sub>2</sub> crecen en un 3,40% para Quito, esto evidenciamos en el escenario BAU por el alto desarrollo de la ciudad. La hipótesis de llegar a un 45% de pasajeros transportados en ferrocarril provoca una alta disminución en las emisiones totales al 2040 (alrededor del 22,30%) que es una mitad muy optima a desarrollar. Mientras que el transporte mejorado en el servicio público contribuye con una reducción de 17,52% que es algo muy favorable si se considera es una medida en la cual se está trabajando, sin embargo debemos considerara que requiere de un estudio paralelo para poder delimitar la cobertura dentro de la ciudad.

De forma general, es evidente que se ha están implementando medias que ayudan a reducir las emisiones de GEI. Una forma evidente de controlar las emisiones de GEI es combinar todas las medidas para obtener mejores resultados. A continuación se muestra un resumen de los

resultados obtenidos en los diferentes escenarios de mitigación que permitirán formular estrategias de mitigación y estudios para el desarrollo de un transporte más eficiente.

**Cuadro 35. Tasa de Crecimiento de los escenarios BaU**

<b>Método</b>	<b>Tasa de Crecimiento promedio , %</b>
Consumo de Combustibles	3,5
Vehículos	3,46

**Cuadro 36. Resumen de Resultados**

<b>Medida de Mitigación</b>	<b>Disminución de emisiones de CO<sub>2</sub>-Eq, %</b>	<b>Tasa de Crecimiento promedio, %</b>
<b>Biomasa (Etanol/Gasolina)</b>	10,97	3,37
<b>GLP</b>	14,90	3,20
<b>Chatarrización</b>	3,11	3,61
<b>Chatarrización 5%</b>	5,66	3,45
<b>Subsidios:</b>		
<b>Período 1</b>	10,61	3,11
<b>Período 2</b>	12,90	3,02
<b>Período 3</b>	14,96	2,94
<b>Período 4</b>	16,74	2,86
<b>30% de inflación</b>	22,91	2,57
<b>Disminución de Petróleo</b>	36,31	
<b>Ferrocarril Carga</b>	4,33	3,17
<b>Infraestructura</b>	17,52	2,69
<b>Ferrocarril-Pasajeros**</b>	22,30	3,40
<b>Híbridos</b>	6,79	3,21

\*\*Referido a Quito

## 5. DISCUSIÓN

En este capítulo se muestran las limitaciones que se originarían en la recopilación de información y en la construcción de los escenarios de mitigación.

En cuanto a la recopilación de datos, el no contar con datos de consumo de combustibles en el transporte férreo, no permitió una estimación de emisiones en este sub-sector, ya que esto se contabiliza en el transporte terrestre, y es importante tener un valor que estime estas emisiones para analizar qué tan favorable es el uso del ferrocarril en el Ecuador.

Además la falta de factores de emisión determinados en el país no permite determinar de forma más precisa las estimaciones pues los valores tomados por defecto de la metodología del IPCC pueden no simular bien el comportamiento de los vehículos y combustibles en el país.

Para el desarrollo de los escenarios de mitigación de GEI se observa que las emisiones muestran tendencias muy diferentes. Al establecer una comparación con los inventarios del 1990 al 2006, la tasa de crecimiento es de 4,8; mientras que en los últimos años la tasa de crecimiento de emisiones de CO<sub>2</sub> llegó a un 6,68% por el alto desarrollo económico. Por lo que para cálculos se consideró la tasa promedio del periodo para no hacer proyecciones sobreestimadas.

El simulador LEAP no nos permite relacionar costos de combustibles con la demanda y la elasticidad precio-demanda, para ello se determinó la demanda ante cada incremento en el precio y se obtuvo las proyecciones de GEI en cada incremento exportando los resultados a Excel para poder armar los diferentes escenarios y muestren las tendencias de las emisiones.

En escenario precios para la determinación de la demanda de los productos se usó el modelo exponencial, ya que es el que más se ajusta al comportamiento del precio-demanda. Además, el GLP por su alto subsidio no se puede comportar de manera lineal esto implicaría cantidades de demanda negativas al momento de eliminar los subsidios por lo que el modelo exponencial es una buena aproximación a su comportamiento. Además la elasticidad precio demanda considerada es la de Venezuela que es la que más se ajusta al modelo económico del país, de cierta forma se pensó considerar la de Perú pero este país no cuenta con subsidios, por lo que un cambio muy bajo en los precios ocasiona una elasticidad mayor.

## 6.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones.

En el presente trabajo se ha desarrollado un estudio de las emisiones de GEI producidas por el transporte del Ecuador en los últimos 6 años, con el fin de identificar medidas de mitigación en el sector. Como punto de partida se da respuesta a las interrogantes de la investigación que nos permitirán identificar los resultados alcanzados dentro del estudio.

- La primera interrogante de investigación fue el conocer el aporte de las emisiones de dióxido de carbono dentro del sector energía, la base de esta estimación fue la elaboración de un balance de masa con el fin de conocer la cantidad de combustible consumido en el país; en promedio 29 000 Gg de CO<sub>2</sub> Eq. en los últimos 6 años, son emitidos por este sector. De forma secuencial, una vez determinado el consumo de combustible en el transporte, se obtuvo una relación en donde nos indica que las emisiones de GEI por el transporte son alrededor de un 47 a 65% en el periodo 2006 a 2012, el problema de estos resultados es que, es evidente un crecimiento de este sector y puede seguir su desarrollo si no se toman medidas a corto plazo.
- Una vez identificada la problemática del transporte es importante conocer cuál es el tipo de transporte de mayor generación de emisiones de GEI. En este punto se identificó al transporte terrestre como el principal emisor de GEI. Pues de acuerdo a los resultados, emite entre un 85 a 90% de GEI; seguido por el marítimo con un 5 a 6% y el aéreo con un 3,8% en promedio. Esto se justifica con un alto consumo de combustibles por su gran tamaño en cuanto a unidades vehiculares. La tasa de crecimiento del parque automotor es cerca del 8,76% lo que ocasiona alta densidad de tráfico con ellos pérdidas en eficiencia tanto de combustible como de tecnología.
- Para cambiar la matriz energética del transporte es importante identificar qué tipo de combustible es el más utilizado. El combustible más utilizado en el país es la gasolina extra, esto nos da una clara idea de un alto consumo de combustibles, debido al transporte liviano. El diésel es el siguiente combustible más utilizado, en ocasiones menos limpios, ya que es usado para transporte de carga pesada, en donde a pesar de ser menor el número de unidades en comparación con los vehículos livianos; el consumo es alto por la pérdida de eficiencia de las tecnologías.

Además de los puntos anteriores es necesario conocer que GEI es el más emitido por el sector y bajo qué proporciones. El CO<sub>2</sub> es el gas que se emite en mayor proporción, como producto de la combustión de los hidrocarburos. Se obtuvo que esta proporción es de 92%, seguido por el CO en un 5,5 a 6% y en proporciones menores de 1% el resto de GEI. Lo más relevante en este punto es que estas emisiones han mantenido una tendencia lineal, en el periodo de estudio, a pesar de cambios en el consumo de combustibles, las proporciones emitidas de estos gases son las mismas (Ver Gráfico 53). El resultado se justifica, porque solo se representa una propiedad más no un comportamiento como en el caso de consumo de combustibles.

Con este antecedente se logra identificar la evolución de las emisiones de los GEI en los últimos 6 años. Las emisiones de GEI en el transporte han crecido con una tasa de cerca del 6,63% en el periodo analizado (Referido a CO<sub>2</sub>-Eq). Un punto importante identificado en el año 2006, en donde el crecimiento de este año es de 5,4%, nos indica un salto importante en las tendencias de las emisiones de GEI (Ver Gráfico 52). El este año es el de mayor producción de derivados, se registra un alto ingreso de vehículos que se vendieron en los siguientes años, ocasionando un alto consumo de combustibles. Esto nos permite analizar la opción que a medida que sea posible, se debe llevar las tendencias de las emisiones de GEI a tendencias similares a las del 2000 a 2006. El enfocarse en un solo tipo de transporte ayuda a reducir las emisiones en un alto porcentaje, pero se debe considerar que en todos los tipos de transporte el consumo de combustibles crece por lo que es importante medidas de control en todos los transporte.

Una vez establecidas las evoluciones de las emisiones de GEI, se identifican los principales problemas de contaminación y se ve la necesidad de analizar medidas de mitigación con el fin de reducir estas tendencias en los siguientes 30 años.

- El primer paso es analizar si las medidas adoptadas por el gobierno bajo el desarrollo de los últimos 6 años son eficientes a largo plazo. De acuerdo con los datos simulados en LEAP sobre el uso de la mezcla gasolina etanol para cubrir el 10% de la demanda de combustibles, se da una reducción de las emisiones en un 10,97% del total de emisiones de GEI al 2040. Para el uso del GLP es más optimista pues se ahorra un 14,90% y en el caso de la chatarrización que termina en este año asumiendo que se logre mantener en todo este periodo de estudio apenas contribuye con una disminución del 3,11% de las emisiones de los GEI. Por lo se concluye que son medidas que ayudan a disminuir las emisiones, para mejores resultados se debe combinar todas estas medidas y evaluar la factibilidad de producción de etanol en el país para atender una demanda mayor de la mezcla, con el objetivos de que ayude a disminuir en mayor cantidad los GEI. El gobierno debe analizar la opción de

mantener el proyecto de chatarrización pues esto aumenta en un 5% la emisiones se reducirían en un 5,66% del total al 2040. Como política del gobierno se debe obtener el financiamiento para poder mantener esta política de renovación del parque automotor para llegar a cubrir un mayor porcentaje del tamaño del parque automotor.

- Por otro lado, la eliminación de subsidios propuesta por el MICSE representa una gran variación en la reducción de las emisiones de GEI con una 50% de subsidios la reducción puede llegar a disminuir en 12,90% las emisiones de GEI al 2040. Esta medida implica un alto riesgo político social, por lo que no es una medida tan fiable. Por los estudios realizados es evidente que cerca del 2030 la producción de petróleo va a disminuir, el escenario más probable es el de la disminución de la oferta en un 30%, implicando altos costos de los derivados pero con la ventaja de reducir las emisiones cerca de un 36,31% al 2040.
- Como objetivo de estudio se identificó las acciones políticas y tecnológicas que se pueden adoptar para la reducción de emisiones de GEI. Entre las acciones políticas tenemos la adopción de ferrocarril para transporte de carga. En la actualidad el transporte de carga por ferrocarril representa el 0%, se espera llegar a un 8% siempre y cuando se dé prioridad al mejoramiento de la infraestructura vial, con esta medida las emisiones totales bajan un 4,33% al 2040. Sin embargo esta solución limita algunas zonas de comunicación por lo que se puede tomar como ejemplo y replicarlo en las principales ciudades del país tal es el caso de Quito en donde el usar ferrocarril para transporte público ocasiona una disminución de las emisiones en un 22,30%. Es evidente que la medida de implementar ferrocarril requiere de una alta inversión pero muestra grandes resultados.
- En cuanto a las tecnologías que se pueden adoptar y la que más le conviene al país es mantener la eliminación de impuestos en importaciones de vehículos híbridos, esto permite renovar el parque automotor e introducir una energía limpia. El introducir el 6,5% de vehículos híbridos, de la misma forma que se ha hecho desde el 2006, permite reducir el 6,79% las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Estos análisis nos llevan a concluir que las medidas de mitigación más favorables para la reducción de GEI requieren de cooperación de todos los Organismos del Gobierno en la manera que fuera posible implementar todas las medidas mencionadas. Se podrá llevar las tendencias de las emisiones a las del año 2000, siempre y cuando haya inversión en infraestructura y se creen políticas de conciencia ambiental en la población. Una de estas políticas es optar por tecnologías más limpias, como implementar el tren en las ciudades donde se concentran grandes volúmenes de la población, reducirá las emisiones en un alto porcentaje. Y largo plazo se puede pensar en medidas tecnológicas nuevas como vehículos de hidrógeno y eléctricos o biocombustibles, que mejoren la eficiencia de los vehículos.

## 6.2. Recomendaciones.

Del presente proyecto de graduación se desprenden las siguientes recomendaciones, en base a problemas presentados y con el fin de darle una mejor precisión a los resultados.

- El Ministerio del Ambiente como entidad responsable de la calidad del aire de los ecuatorianos debe encargarse de promover la investigación que faciliten estudios en cuanto a contaminación del aire, tal es el caso en el que se requiere factores de emisión para el sector. El no contar con ello nos lleva a usar valores por defecto que no siempre pueden dar una aproximación del comportamiento de emisiones en el país ya que estos son tomados de estudios de Europa o en su mayoría de Estados Unidos.
- En la actualidad el transporte ferroviario está en crecimiento ya sea de forma turística o para transporte de carga, se recomienda mantener un control del uso de combustibles, ya que estos datos nos permiten una estimación de las emisiones producidas por el mismo dándonos una idea de su evolución que en este estudio fue difícil determinar.
- Se recomienda utilizar datos de poderes calóricos oficiales, para ser específicos valores medios ya que el país explota diferentes zonas en donde estos valores son diferentes dependiendo de la zona de donde provienen.
- La simulación del escenario de precios de los combustibles requiere de una elasticidad precio demanda, que para fines de estudio y análisis se consideró la de Venezuela, sin embargo no da una idea exacta del comportamiento de la demanda pues se deben realizar estudios sobre esta base que permitan analizar el comportamiento de la sociedad y así esta propuesta ser más verás.
- Por la falta de información no se pudo estimar la disminución de emisiones al usar vehículos no motorizados, en el Quito es una medida nueva basada solo en estimaciones, por lo que un próximo escenario puede ser utilizar información sobre la evolución y desarrollo de esta actividad.
- En cuanto a los escenarios tecnológicos, se debe hacer estudios más profundos en donde se pueda entender si como país estamos en capacidad de atender la demanda de etanol para poder obtener esta mezcla.
- Es importante estudiar el impacto y la aceptación de las tecnologías en el país, porque a pesar que estas ya están siendo desarrolladas se desconoce si pueden o no se aceptadas por la sociedad.
- En la ciudad de Quito se adoptó la medida de Revisión Técnica vehicular, en la cual se controla las emisiones de contaminantes a la atmosfera para que estos puedan ser matriculados y entren en funcionamiento. Si se controlan las emisiones en periodos más cortos pueden ser cada seis meses se mejora la eficiencia de los equipos y es una medida de

control, además se conoce que la ANT pretende replicar esta medida a nivel nacional con el fin de controlar las emisiones.



## CITAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CÁCERES y NÚÑEZ. 2010. Inventario Nacional de Gases del Efecto de Invernadero en Ecuador 1990, 1994, 2000, 2006. Quito: Ministerio del Ambiente, 2010. p. 67.
- [2] IPCC. 2006. Directrices para la elaboración de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero. New York: Cambridge University Press, 2006. p. 56
- [3] IPCC. 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the. United Kingdom and New York: Cambridge University Press, 2007. p. 87
- [4] IPCC. 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. London: Cambridge University, 2007, p. 76
- [5] BARROS, Vicente. 2005. El Cambio Climático Global. 2 da. Buenos Aires: Libros del Zorzal, 2005. p. 174.
- [6] UNFCCC. Unidos por el Clima. Alemania, 2007. p. 26:43.
- [7] Ibid (5) p.173
- [8] Ibid (6) p. 26:44.
- [8] Ibíd. (1) p. 45
- [9] HUBENTHAL, Andrés. 2009. Evaluación del sector transporte en Ecuador con miras a plantear medidas de mitigación al Cambio Climático. Quito: UNDP, 2009. p. 23.
- [10] CDM, TECH 4. Información Básica para el desarrollo de un proyecto MDL electrificación rural en el Ecuador. s.l. : UNEP, 2010, p. 48
- [11] INEC. 2012. Reporte Anual del Transporte en el Ecuador. Quito, 2012. p. 42. 3.

- [12] *Ibíd.* (1) p. 54
- [13] PETROECUADOR. 2011. Informe Anual 2011. Quito: Coordinación de Imagen Empresarial, 2011. p. 11.
- [14] IPCC. Guías para la elaboración de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero . Cambridge: Cambridge University Press, 2006. P. 41-42
- [15] ROMERO, VACA. 2012. ROMERO, VACA, Inventario de emisiones atmosféricas a partir de fuentes fijas, móviles en la ciudad de Latacunga. [ed.] Tesis de Grado del Título de Ingenieros Ambientales. Quito: Universidad Central del Ecuador, 2012. pp. 122-85.
- [16] *Ibíd.* (14) p. 26
- [17] CÁCERES y NÚÑEZ. 2010. Inventario Nacional de Gases del Efecto de Invernadero en Ecuador 1990, 1994, 2000, 2006. Quito: Ministerio del Ambiente, 2010. p. 67.
- [18] Banco Central del Ecuador. 2008. Reporte Anual del Sector petrolero 2008. Quito: BCE, 2008. p.16
- [19] Rodríguez, Carlos Welsh y Luis. 2005. Inventario preliminar de emisiones de gases de efecto invernadero en el estado de Veracruz 2000-2004. Veracruz: SEFIPLAN, 2005. p.125
- [20] *Ibíd.* (11) p. 24
- [21] IEA, Internacional Energy Agency. 2009. Transport energy and CO2. Paris: OECD/ IEA, 2009. p. 418.
- [22] *Ibid* (22) p.416
- [23] IEA, Internacional Energy Agency. 2009. Transport energy and CO2. París: OECD/ IEA, 2009. p. 419
- [24] Yolanda LECHÓN, Helena CABLA, Carmen LAGO. 2005. Análisis del Ciclo de Vida de Combustibles Alternativos para el transporte. Madrid: Ministerio del Ambiente, 2005. p. 72

- [25] MARTINEZ, Julia. 2005. Escenarios de emisiones y medidas de mitigación de gases de efecto invernadero en sectores claves (Transporte). México: Instituto Mexicano del Petróleo, 2005. p. 23-51.
- [26] ESCOBAR, Pablo. 2011. Diseño de súper estructura de puentes isostáticos metálicos ferroviarios en el Ecuador, caso vigas tipo 1 de Alma llena. [ed.] Trabajo de titulación previo a la obtención de Ingeniero Civil. Sangolquí: ESPE, 2011. pág. 150.
- [27] Distrito Metropolitano de Quito. 2010. Plan Maestro de Movilidad 2009-2025. Quito, 2010. pp. 140-24.

## BIBLIOGRAFÍA

CONDE Ana y GAY Carlos, Guía para la Generación de escenarios de Cambio Climático a Escala Regional, UNAM, Centro de Ciencias de la Atmósfera, Noviembre 2008.

CSI (Cement Sustainability Initiative) and ECRA (European Cement Research Academy) (2009), Development of State of the Art-Techniques in Cement Manufacturing: Trying to Look Ahead, CSI/ECRA Technology Paper, CSI, Geneva.

DOBSON S., and PALFREMAN S., 1999, Introduction to Economics (Chapter 13-15), Oxford University Press UK

EMEP/CORINAIR (1999), Atmospheric Emission Inventory Guidebook, 2a. edición. Agencia Europea de Medio Ambiente, Copenhague (Dinamarca).

SMITH, K.R., PENNISE D.M, (1999). Greenhouse Gases from Small-scale Combustion Devices in Developing Countries. Phase III: Charcoal-Making Kilns in Thailand. EPA-600/R-99-109. Organismo de Protección del Medio Ambiente de los EE.UU., Oficina de Investigación y Desarrollo, Washington, D.C. (EE.UU.).

HEAPS, C.G., 2012. Long-range Energy Alternatives Planning (LEAP) system. [Software version 2012.0037] Stockholm Environment Institute. Somerville, MA, USA. Disponible en: [www.energycommunity.org](http://www.energycommunity.org)

HERNANDEZ Eduardo, Producción Jurídica del Ambiente, Secretaría de Gobernación, México, 2009, 104 p.

IEA (International Energy Agency), 2004. World Energy Outlook 2004. International Energy Agency 2004. Paris.

MEDINACELLI Mauricio, OLADE, Revista de Análisis Económico, Volumen 24, Diciembre 2009.

Ministerio del Ambiente (2009), Proyecto Segunda Comunicación Nacional – datos Preliminares.

NÚÑEZ, NARVÁEZ, ARTEAGA, MENA Y ROJAS, Plan Maestro de Movilidad 2009-2025, Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, Abril 2009.

PHILLIPS, L. (1972). “Dynamic Version of the Linear Expenditures Model”. Review of Economic and Statistics 54: 450-570.

PYNDICK, R.S. (1979). The Structure of World Energy Demand. Cambridge, MA, EE.UU: MIT Press.

# ANEXOS

## Anexo A

### Producción e Importaciones de Crudo y derivados en millones de barriles

	PRODUCCIÓN						IMPORTACIONES					
Combustible	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2007	2008	2009	2010	2011	2012
<b>Petróleo Crudo</b>	186.6684	184.7804	177.6204	177.4468	182.6207	184.3213			n/a			
<b>Líquidos de gas natural</b>												
<b>Diesel 1,2 <sup>2</sup></b>	11.18	11.19	11.18	7.96	11.10	11.10	11.84	11.16	13.67	19.45	15.09	15.52
<b>Gasolina <sup>1</sup></b>	12.63	13.31	14.26	12.62	14.80	15.63			n/a			
<b>Queroseno para aviones de reacción</b>							0.00	0.07	0.08	0.06	0.00	0.00
<b>Gasóleo/fuelóleo <sup>3</sup></b>	8.47	8.86	9.14	8.91	9.85	8.30						
<b>Fuelóleo residual <sup>4</sup></b>	13.66	13.37	10.57	9.44	10.57	12.12						
<b>GLP</b>							9.70	9.29	9.13	9.41	9.73	8.14
<b>Nafta</b>							7.78	7.41	9.38	12.14	12.61	13.23
<b>Otros pr. Del petróleo</b>	17.80	18.76	21.23	20.97	20.95	21.70	3.11	3.55	2.24	3.14	3.56	2.51
<b>Carbón de coque</b>												
<b>Gas natural (seco), m3</b>	1483.94	1424.38	1410.3	1403.48	1396.69	1396.69						

1 Incluye las mezclas de gasolina extra que se realiza en los terminales de Pascuales y El Beaterio

2 Se incluye diesel 1, 2 y Premium

3 Fuel oil #4

3. A partir de mayo del 2000 se produce residuo que reemplaza al fuel oil # 6. No incluye la producción de residuo de la Ref. Amazonas que se reinyectan al SOTE como "Crudo Reducido"

**FUENTE: Banco Central del Ecuador y Petroecuador.**

## Anexo B

### Exportaciones de Crudo y derivados en millones de barriles

EXPORTACIONES						
Combustible	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Petróleo Crudo	124.10	127.40	119.56	124.46	121.73	129.5159026
Diesel 1,2	Se contabiliza con otros					
Gasolina 1*	13.20					
Gasóleo/fuelóleo <sup>1</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00
Fuelóleo residual <sup>2</sup>	13.16	13.58	10.86	9.71	10.57	8.06
GLP	n/a					
Nafta <sup>3</sup>	1.25	1.84	1.47	0.55	0.73	1.29
Otros pr. Del petróleo	0.743806	0.00	0.00	0.184322	0.00	0.00

1 Para exportaciones gasóleo (VGO)=Otros y en el 2010 se considera el SLOP

2 Residuo y fuel oleo 6, en el 2012 se incluye una cantidad de fuel oil 4

3 De bajo octano

**Fuente: Banco Central del Ecuador, EP Petroecuador**



## Anexo C

### Exportación e importación de derivados del Petróleo



#### EXPORTACIÓN DE DERIVADOS

Usuario ARCH

Fecha inicial: 01-2007

Fecha y hora de generación: 2/23/13 16:44 a

Fecha final: 12-2012

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
FUEL OIL 4	0.00	0.00	0.00	0.00	229,837.86	0.00
FUEL OIL 6 DE EXPORTACION	13,161,430.00	13,578,727.00	10,860,810.00	9,708,155.70	10,572,332.29	8,569,722.70
GASOLEOS (VGO)	743,806.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NAFTA DE EXPORTACIÓN (NBO)	1,254,458.00	1,837,359.00	1,473,505.00	550,670.00	725,065.28	1,468,124.88
SLOP	0.00	0.00	0.00	184,322.00	0.00	0.00
<b>Total</b>	<b>15,159,694.00</b>	<b>15,416,086.00</b>	<b>12,334,315.00</b>	<b>10,443,147.70</b>	<b>11,527,235.43</b>	<b>10,037,847.58</b>



#### IMPORTACIÓN DE DERIVADOS

Usuario ARCH

Fecha inicial: 01-2007

Tipo de dato: REAL

Fecha y hora de generación: 2/23/13 16:39 a

Fecha final: 12-2012

Unidades: BARRILES

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
AVGAS	0.00	5,046.00	10,688.00	33,892.13	29,109.60	27,227.29
CUTTER STOCK	3,113,165.00	3,540,991.00	2,244,224.00	3,135,470.45	3,556,784.84	2,721,917.46
DIESEL 2	9,981,315.00	9,628,173.00	13,574,048.00	19,453,297.07	12,548,573.32	4,740,578.26
DIESEL PREMIUM	1,863,180.00	1,531,496.00	885,602.00	0.00	2,540,691.45	12,282,299.82
GASOLEOS (VGO)	0.00	0.00	0.00	476,767.00	0.00	0.00
GLP	9,699,748.96	9,286,426.00	9,079,044.00	9,394,214.41	9,734,778.63	9,011,667.72
JET A1	0.00	70,017.00	80,776.00	55,006.00	0.00	0.00
NAFTA IMPORTADA	7,784,652.00	7,413,112.00	9,376,986.00	12,143,710.64	12,610,880.55	14,231,772.43
<b>Total</b>	<b>32,442,060.96</b>	<b>31,475,261.00</b>	<b>35,251,368.00</b>	<b>44,692,357.70</b>	<b>41,020,818.39</b>	<b>43,015,462.98</b>

FUENTE: ARCH.- (base de datos de comercialización)

## Anexo D

### Producción Anual de Petróleo Neto en Campo



### PRODUCCION ANUAL DE PETROLEO NETO DE CAMPO (BLS)

**AÑOS: 2007-2012**

AÑO	PRODUCCION ANUAL
2,007	186,668,449
2,008	184,780,447
2,009	177,620,434
2,010	177,446,808
2,011	182,620,680
2,012	184,321,319

**FUENTE: ARCH**

EXPORTACIONES DE PETROLEO CRUDO CORRESPONDIENTE A LOS AÑOS 2007-2012 (BLS)						
Años	2007	2008	2009	2010	2011	2012
<b>Estatales</b>	49,518,794	57,337,739	50,616,762	47,079,824	56,639,380	60,726,249
<b>Privadas(Cias)</b>	57,491,163	50,060,913	40,485,868	33,691,311	0	0
Compensaciones						
Secretaria de Hidr. (Estado)					32,515,847	31,224,795
Secretaria de Hidr. (Pago de Tarifa) Cias. Privadas					15,720,757	17,194,828
Compañías Privadas Contratos Anteriores					411,791	0
Regalias	17,088,294	20,143,561	28,455,040	43,693,314	16,444,124	20,370,030
<b>TOTALES</b>	<b>124,098,251</b>	<b>127,542,213</b>	<b>119,557,670</b>	<b>124,464,449</b>	<b>121,731,899</b>	<b>129,515,903</b>

**2012:** FUENTE: Gerencia de Comercio Internacional EP PETROECUADOR/ Secretaria de Hidrocarburos-/ELABORACION: ARCH-Comercializacion Externa de Hidrocarburos

fecha: 22/02/2013

## Anexo E

### Biomasa utilizada como fuente de energía en ton

Año	Renovable				Biomasa Mwh	Ton	10 3 Ton
	Hidráulica	Solar	Eólica	Térmica Turbo- vapor*			
2007	8,789.16	0.96	0.02	218.75	218750	18812.3495	18.812
2008	11,026.16	2.68	0.03	208.32	208320	17915.3767	17.915
2009	9,225.41	3.20	0.01	216.52	216520	18620.571	18.621
2010	8,636.40	3.43	-	235.56	235560	20257.9979	20.258
2011	11,133.09	3.34	0.06	278.2	278200	23925.0086	23.925
2012**	12,390.93	2.39	0.29	235.6	235600	20261.4379	20.261


\*Se refiere a la energía obtenida por la biomasa (caña de azúcar)

\*\*Año móvil, hasta noviembre 2012

Fuente: CONELEC- <http://www.conelec.gob.ec/indicadores>

## Anexo F

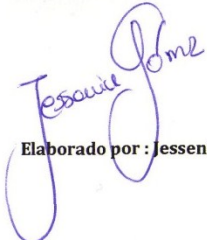
### Contenido de Azufre en Combustibles En Sushufindi



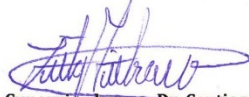
COORDINACIÓN DE CONTROL DE CALIDAD  
CIS

## ESTADISTICAS DE AZUFRE

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
JET	0,1165	0,0807	0,101	0,141	0,0997	0,1126	0,1049
GASOLINA BASE	0,0038	0,0001	0,003	0,0164	0,0125	0,0191	<10
GASOLINA EXTRA	0,0382	0,0757	0,061	0,0121	0,0358	0,0272	238
DIESEL 1	0,1728	0,1821	0,135	0,144	0,1883	0,1162	0,094
DIESEL 2	0,6714	0,6084	0,479	0,5112	0,5775	0,5814	0,4609
RESIDUO	2,133	2,1578	1,654	1,7508	1,9316	1,8104	1,6950
CRUDO	1,3327	1,2928	1,029	1,2869	1,1231	1,1324	1,0257



Elaborado por : Jessenia Gómez



Supervisado por : Dr. Santiago Zambrano

## Anexo G

### Distribución de vehículos por tipo



#### VEHÍCULOS MATRICULADOS POR CLASE Y COMBUSTIBLE DURANTE LOS AÑOS 2007 - 2012

CLASE	2007		2008		2009		2010		2011		2012	
COMBUSTIBLE	GASOLINA	DIESEL	GASOLINA	DIESEL	GASOLINA	DIESEL	GASOLINA	DIESEL	GASOLINA	DIESEL	GASOLINA	DIESEL
AUTOMOVIL	223,168	454	243,971	555	229,224	522	314,997	747	314,528	774	495,254	1,106
JEEP	97,831	1,892	112,867	2,481	117,557	2,907	157,941	3,632	161,226	3,630	256,205	5,126
FURGON	7,586	3,760	7,962	4,048	7,100	4,231	9,927	6,212	10,386	7,887	15,617	12,304
CAMIONETA	166,635	6,618	180,017	11,484	173,344	14,392	240,767	23,850	238,149	30,329	321,901	50,078
CAMION	3,942	34,157	3,943	38,725	3,268	36,595	4,875	54,743	4,762	58,975	5,176	77,973
MOTOCICLETA	53,428	24	73,821	31	73,258	15	144,552	51	263,346	86	320,844	102
TAXI	8,520	33	10,646	55	11,344	29	17,906	51	18,323	42	29,247	97
<b>TOTAL</b>	<b>561,110</b>	<b>46,938</b>	<b>633,227</b>	<b>57,379</b>	<b>615,095</b>	<b>58,691</b>	<b>890,965</b>	<b>89,286</b>	<b>1,010,720</b>	<b>101,723</b>	<b>1,444,244</b>	<b>146,786</b>

FUENTE: Agencia Nacional de Tránsito.

## Anexo H

### CONSUMO DE COMBUSTIBLES EN EL SECTOR TRANSPORTE

TOTAL NACIONAL (En galones)							
	COMBUSTIBLE	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Terrestre	Diésel 2	518490139	534860870	552196531	557361390	574520365	7868178
	Gasolina Extra	517067664	81763296	89484030	638298717	704185244	761906621
	Gasolina Súper	153393312	559313871	598376188	193697229	227529577	221590085
	Diésel Premium	67846095	170424160	183614564	103614710	143858862	745016038
	GLP en taxis, kg		375082.6	9501027.7	12264362.3	13183305	12239282.47
Naviero Nacional	Diésel 2	23020176	27146404	18977980	19478454	22346728	31665590
	Gasolina EXTRA	84086	123895	103392	86725	111869	159003
	MDO 2 NACIONAL	34363557	50894614	49635752	39986489	41499283	40089722
	Fuel Oil	0	0	744030	2463384	2586610	3043985
Naviero Internacional (Las cantidades fueron de gasolina no superaron 500 barriles por los que se consideró en la contabilidad de Fuel oil)	Diésel Marino 1	3871019.74	4407153	3313624.3	2520055.44	2063736.99	2144533.16
	Diésel Marino 2	3091119.75	2981531	4560573	4100062.5	3517213.25	2470006.5
	Fuel Oil	175121105	174781093	174138564	149076989	168590056.3	146505353
	Pesca Artesanal	21272460	24087858	26473307	28389217	31277129	65514932
Aéreo	Jet Nacional	53178233	42193732	48307935	48293102	62601071	47352387
	Jet Internacional	169396248	182092067	166332288	162952381	154297792	161846125

**Anexo I**  
**INVENTARIO DE GEI 2007**

MODULE		ENERGY					
SUBMODULE		CO <sub>2</sub> FROM ENERGY SOURCES (REFERENCE APPROACH)					
WORKSHEET		1-1					
SHEETS		1 OF 5					
COUNTRY		ECUADOR					
YEAR		2007					
		STEP 1					
		A	B	C	D	E	F
		Production  (103 ton)	Imports  (103 ton)	Exports  (103 ton)	International Bunkers  (103 ton)	Stock Change  (103 ton)	Apparent Consumption  (103 ton)
Primary Fuels	Crude Oil	25431.669		16907.118		1258.372	7,266.18
	Orimulsion						0.00
	Natural Gas Liquids						0.00
Secondary Fuels	Gasoline						0.00
	Jet Kerosene				511.1843		-511.18
	Other Kerosene						0.00
	Shale Oil						0.00
	Gas / Diesel Oil		1624.760		22.739		1,602.02
	Residual Fuel Oil			1800.469	608.073		-2,408.54
	LPG		840.529				840.53
	Ethane						0.00
	Naphtha		921.266				921.27
	Bitumen						0.00
	Lubricants						0.00
	Petroleum Coke						0.00
	Refinery Feedstocks						0.00
	Other Oil		506.211	120.944			385.27
Secondary Fuels	BKB & Patent Fuel						0.00
	Coke Oven/Gas Coke						0.00
	Natural Gas (Dry)	1157.473					1,157.47
	Solid Biomass	18.812					18.81
	Liquid Biomass						0.00
	Gas Biomass						0.00

ENERGY				
CO <sub>2</sub> FROM ENERGY SOURCES (REFERENCE APPROACH)				
1-1				
2 OF 5				
STEP 2		STEP 3		
G <sup>(b)</sup> Conversion Factor (TJ/103 ton)	H Apparent Consumption (TJ)	I Carbon Emission Factor (t C/TJ)	J Carbon Content (t C)	K Carbon Content (Gg C)
	H=(F×G)		J=(H×I)	K=(J/1000)
42.45	308,449.28	20	6,168,985.50	6,168.99
	0.00		0.00	0.00
	0.00	17.2	0.00	0.00
	0.00	18.9	0.00	0.00
44.59	-22,793.71	19.5	-444,477.29	-444.48
	0.00		0.00	0.00
	0.00		0.00	0.00
43.33	69,415.58	20.2	1,402,194.71	1,402.19
40.19	-96,799.32	21.1	-2,042,465.68	-2,042.47
47.31	39,765.41	17.2	683,965.02	683.97
	0.00		0.00	0.00
45.01	41,466.19	20	829,323.90	829.32
	0.00		0.00	0.00
	0.00		0.00	0.00
	0.00		0.00	0.00
	0.00		0.00	0.00
40.19	15,483.89	18.5	286,452.03	286.45
	<b>354,987.32</b>		6,883,978.19	6,883.98
	0.00		0.00	0.00
	0.00		0.00	0.00
	0.00		0.00	0.00
	0.00		0.00	0.00
	0.00		0.00	0.00
48.15	55,732.33	15.3	852,704.72	852.70
	<b>410,719.66</b>		<b>7,736,682.91</b>	<b>7,736.68</b>
	<b>787.64</b>		<b>23,550.30</b>	<b>23.55</b>
41.868	787.64	29.9	23,550.30	23.55
	0.00		0.00	0.00
	0.00		0.00	0.00



ENERGY				
CO <sub>2</sub> FROM ENERGY SOURCES (REFERENCE APPROACH)				
1-1				
3 OF 5				
STEP 4		STEP 5		STEP 6
L Carbon Stored  (Gg C)	M Net Carbon Emissions (Gg C)	N Fraction of Carbon Oxidised	O Actual Carbon Emissions (Gg C)	P Actual CO <sub>2</sub> Emissions (Gg CO <sub>2</sub> )
	M=(K-L)		O=(MxN)	P=(Ox[44/12])
	6,168.99	0.99	6,107.30	22,393.42
	0.00		0.00	0.00
	0.00	0.995	0.00	0.00
	0.00	0.99	0.00	0.00
	-444.48	0.99	-440.03	-1,613.45
	0.00		0.00	0.00
	0.00		0.00	0.00
	1,402.19	0.99	1,388.17	5,089.97
	-2,042.47	0.99	-2,022.04	-7,414.15
0.00	683.97	0.995	680.55	2,495.33
0.00	0.00		0.00	0.00
66.35	762.98	0.99	755.35	2,769.61
0.00	0.00	0.99	0.00	0.00
0.00	0.00		0.00	0.00
	0.00		0.00	0.00
	0.00		0.00	0.00
	286.45	0.99	283.59	1,039.82
<b>66.35</b>	<b>6,817.63</b>		6,752.88	24,760.54
	0.00		0.00	0.00
0.00	0.00		0.00	0.00
	0.00		0.00	0.00
	0.00		0.00	0.00
	0.00		0.00	0.00
<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		0.00	0.00
0.00	852.70	0.995	848.44	3,110.95
<b>66.35</b>	<b>7,670.34</b>		<b>7,601.32</b>	<b>27,871.50</b>
<b>0.00</b>	<b>23.55</b>		11.78	<b>43.18</b>
	23.55	0.5	11.78	43.18
	0.00		0.00	0.00
	0.00		0.00	0.00

## Anexo J

### Hoja de trabajo auxiliar Método de referencia

<b>MODULE</b>	<b>ENERGY</b>							
<b>SUBMODULE</b>	<b>CO<sub>2</sub> FROM ENERGY</b>							
<b>WORKSHEET</b>	<b>AUXILIARY WORKSHEET 1-1: ESTIMATING CARBON STORED IN PRODUCTS.</b>							
<b>SHEETS</b>	<b>1 OF 1</b>							
<b>COUNTRY</b>	<b>Ecuador</b>							
<b>YEAR</b>	<b>2006</b>							
	A	B	C	D	E	F	G	H
	Estimated Fuel Quantities	Conversion Factor (TJ/Unit)	Estimated Fuel Quantities (TJ)	Carbon Emission Factor (t C/TJ)	Carbon Content (t C)	Carbon Content (Gg C)	Fraction of Carbon Stored	Carbon Stored (Gg C)
<b>FUEL TYPES</b>			$C=(A \times B)$		$E=(C \times D)$	$F=(E/1000)$		$H=(F \times G)$
Naphtha <sup>(a)</sup>	92.13	45.01	4,146.62	20	82,932.39	82.93	0.8	66.35
Lubricants	0.00		0.00		0.00	0.00	0.5	0.00
Bitumen			0.00		0.00	0.00	1	0.00
Coal Oils and Tars (from Coking Coal)			0.00		0.00	0.00	0.75	0.00
Natural Gas <sup>(a)</sup>			0.00		0.00	0.00	0.33	0.00
Gas/Diesel Oil <sup>(a)</sup>			0.00		0.00	0.00	0.5	0.00
LPG <sup>(a)</sup>			0.00		0.00	0.00	0.8	0.00
Ethane <sup>(a)</sup>			0.00		0.00	0.00	0.8	0.00
Other Fuels <sup>(b)</sup>			0.00		0.00	0.00		0.00
			0.00		0.00	0.00		0.00
			0.00		0.00	0.00		0.00

## Anexo K

### Hoja de cálculo para emisiones internacionales

MODULE	ENERGY						ENERGY					
SUBMODULE	CO <sub>2</sub> FROM ENERGY SOURCES (REFERENCE APPROACH)						CO <sub>2</sub> FROM ENERGY SOURCES (REFERENCE APPROACH)					
WORKSHEET	1-1						1-1					
SHEETS	4 OF 5 EMISSIONS FROM INTERNATIONAL BUNKERS (INTERNATIONAL MARINE AND AIR TRANSPORT)						5 OF 5 EMISSIONS FROM INTERNATIONAL BUNKERS (INTERNATIONAL MARINE AND AIR TRANSPORT)					
COUNTRY	ECUADOR											
YEAR	2007											
	STEP 1	STEP 2		STEP 3			STEP 4			STEP 5		STEP 6
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	Quantities	Conversion	Quantities	Carbon Emission	Carbon	Carbon	Fraction of	Carbon	Net Carbon	Fraction of	Actual	Actual CO <sub>2</sub>
	Delivered <sup>(a)</sup>	Factor	Delivered	Factor	Content	Content	Carbon	Stored	Emissions	Carbon	Carbon	Emissions
		(TJ/Unit)	(TJ)	(t C/TJ)	(t C)	(Gg C)	Stored	(Gg C)	(Gg C)	Oxidised	Emissions	(Gg CO <sub>2</sub> )
											(Gg C)	
FUEL TYPES			C=(AxB)		E=(CxD)	F=(E/1000)		H=(FxG)	I=(F-H)		K=(IxJ)	L=(Kx[44/12])
Solid Fossil	Other Bituminous Coal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00
	Sub-Bituminous Coal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00
Liquid Fossil	Gasoline	0.00	44.80	0.00	18.90	0.00		0.00	0.00	0.99	0.00	0.00
	Jet Kerosene	511.18	44.59	22,793.71	19.50	444,477.29	444.48	0.00	444.48	0.99	440.03	1,613.45
	Gas / Diesel Oil	22.74	43.33	985.27	20.20	19,902.42	19.90	0.00	19.90	0.99	19.70	72.25
	Residual Fuel Oil	608.07	40.19	24,438.46	21.10	515,651.58	515.65	0.00	515.65	0.99	510.50	1,871.82
	Lubricants	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.5	0.00	0.00	0.95	0.00	0.00
Total			48,217.44								Total <sup>(a)</sup>	3,557.51

**Anexo L**

**Hoja de trabajo para el subsector transporte TIR 1**

MODULE	ENERGY					
SUBMODULE	CO <sub>2</sub> FROM FUEL COMBUSTION BY SOURCE CATEGORIES (TIER 1)					
WORKSHEET	1-2 STEP BY STEP CALCULATIONS					
SHEETS	5 OF 16 TRANSPORT					
COUNTRY	ECUADOR					
YEAR	2007					
	STEP 1	STEP 2		STEP 3		
TRANSPORT	A	B	C	D	E	F
	Consumption	Conversion	Consumption	Carbon	Carbon	Carbon
	(ton)	Factor (TJ/Unit)	(TJ)	Emission Factor (t C/TJ)	Content (t C)	Content (Gg C)
			C=(AxB)		E=(Cx D)	F=(E/1000)
Domestic Aviation <sup>(a)</sup>						
Gasoline			0.00		0.00	0.00
Jet Kerosene	160.475	44.59	7,155.58	19.5	139,533.89	139.53
			0.00		0.00	0.00
	Subtotal		7,155.58			
Road Transport						
Natural Gas			0.00		0.00	0.00
LPG	0		0.00		0.00	0.00
Gasoline	1889.155	44.8	84,634.13	18.9	1,599,585.00	1,599.59
Gas/Diesel Oil	1915.005	43.33	82,977.17	20.2	1,676,138.78	1,676.14
			0.00		0.00	0.00
	Subtotal		167,611.29			
Rail Transport						
Gas/Diesel Oil			0.00		0.00	0.00
Other Bituminous Coal			0.00		0.00	0.00
Coke Oven Coke			0.00		0.00	0.00
			0.00		0.00	0.00
	Subtotal		0.00			
National Navigation <sup>(a)</sup>						
Gasoline	60.175	44.8	2,695.83	18.9	50,951.24	50.95
Gas/Diesel Oil	187.418	43.44	8,141.45	20.2	164,457.30	164.46
Residual Fuel Oil	0	40.19	0.00		0.00	0.00
Lubricants			0.00		0.00	0.00
Sub-Bituminous Coal			0.00		0.00	0.00
			0.00		0.00	0.00
	Subtotal		10,837.28			
Pipeline Transport						
Natural Gas			0.00		0.00	0.00
			0.00		0.00	0.00
	Subtotal		0.00			
	Total Transport <sup>(a)</sup>		185,604.16			
Memo items:						
Liquid Biomass			0.00		0.00	0.00

## Anexo M

### Consumo de combustibles en el transporte para cada tipo de gas

MODULE		ENERGY						
SUBMODULE		NON-CO <sub>2</sub> FROM FUEL COMBUSTION BY SOURCE CATEGORIES (TIER 1)						
WORKSHEET		1-3						
SHEETS		1 OF 3						
COUNTRY		ECUADOR						
YEAR		2007						
		STEP 1						
		A						
		Fuel Consumption						
		(TJ)						
ACTIVITY		A1	A2	A3	A4	A5	A6	
		Coal	Natural Gas	Oil	Wood / Wood Waste	Charcoal	Other Biomass and Wastes	
Transport	Domestic Aviation <sup>(a)</sup>				7,155.58			
				Gasoline	Diesel			
	Road		0.00	84,634.13	82,977.17			
	Railways	0.00		0.00				
	National Navigation <sup>(a)</sup>	0.00		10,837.28				
Total <sup>(a)</sup>		0.00	0.00	270,238.29	0.00	0.00	0.00	
Memo: International Marine Bunkers		0.00		25,423.73				
Memo: International Aviation Bunkers				22,793.71				

**Anexo N**  
**Hoja de cálculo para emisiones de SO<sub>2</sub>**

MODULE		ENERGY						
SUBMODULE		SO <sub>2</sub> EMISSIONS FROM FUEL COMBUSTION BY SOURCE CATEGORIES (TIER 1)						
WORKSHEET		1-4						
SHEETS		3 OF 5: TRANSPORT						
COUNTRY		ECUADOR						
YEAR		2007						
		STEP 1	STEP 2				STEP 3	
		A	B	C	D	E	F	G
		Fuel Consumption (TJ)	Sulphur content of fuel <sup>(a)</sup> (%)	Sulphur retention in ash (%)	Abatement efficiency (%)	Net Calorific Value <sup>(a)</sup> (TJ/kt)	SO <sub>2</sub> Emission Factor <sup>(a)</sup> (kg/TJ)	Emissions (Gg)
Coal	Low						0.00	0.00
	Médium						0.00	0.00
	High						0.00	0.00
Heavy Fuel Oil	Low						0.00	0.00
	Médium						0.00	0.00
	High						0.00	0.00
Light Fuel Oil / Diesel	Low						0.00	0.00
	High						0.00	0.00
Diesel (road)		82,977.17	0.6084			43.33	280.82	23.30
Gasoline		84,634.13	0.0757			44.8	33.79	2.86
Jet Kerosene		7,155.58	0.0807			44.59	36.20	0.26
Oil Shale							0.00	0.00
Other Oil							0.00	0.00
Natural Gas <sup>(a)</sup>							0.00	0.00
Municipal Waste							0.00	0.00
Industrial Waste							0.00	0.00
Black Liquor							0.00	0.00
Fuelwood							0.00	0.00
Other Biomass							0.00	0.00
Total		174766.8782						26.42
Memo: Fuels for International Marine Bunkers		25,423.73	0.68			40.19	339.54	8.63
Memo: Fuels for International Aviation Bunkers		22,793.71	0.08			44.59	36.20	0.83

## Anexo O

### Unidades de transformación de la Agencia Internacional de Energía

#### DENSIDAD EN FUNCIÓN DEL TIPO DE PRODUCTO:

Producto	-- Aproximación a 30°C ---	
	kilogramos por litro	Barriles US por Tm
L.P.G.	0,545	11,54
JP.4	0,750	8,39
Jet A-1	0,797	7,89
Premium	0,739	8,51
Regular	0,705	8,92
Queroseno	0,786	8,00
Gas Oil	0,850	7,41
Diesel	0,863	7,29
Fueloil 80 CST	0,939	6,70
Fueloil 180 CST	0,952	6,60
Fueloil 230 CST	0,955	6,59
Fueloil 280 CST	0,958	6,57
Bitumen	1,021	6,15

#### RANGOS DE GRAVEDAD ESPECÍFICA POR PRODUCTO:

	Gravedad Específica*	Barriles por Tm
Petróleo crudo	0,80-0,97	8,0-6,6
Gasolina para aviación	0,70-0,78	9,1-8,2
Gasolina para motores	0,71-0,79	9,0-8,1
Queroseno	0,78-0,84	8,2-7,6
Gasoil	0,82-0,90	7,8-7,1
Diesel	0,82-0,92	7,8-6,9
Aceites lubricantes	0,85-0,95	7,5-6,7
Fueloil	0,92-0,99	6,9-6,5
Bitumen asfáltico	1,00-1,10	6,4-5,8

\*definida como el peso del material dividido por el peso del agua destilada a 4°C.

## Anexo P

### Producción de Gas Natural

#### ECUADOR PRODUCCION

Año	Gas Natural Mm3
2000	1030.42
2001	1038.28
2002	1084.77
2003	1287.2
2004	1442.16
2005	1608.04
2006	1595.03
2007	1483.94
2008	1424.38
2009	1410.3
2010	1403.48
2011	1396.69

**FUENTE:** OLADE – SIEE (Sistema de Información Económica Energética), Quito, 2012